

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RUI ANDRÉ MAGGI DOS ANJOS

ESTUDO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE TRÊS
ESPÉCIES DE EUCALIPTO

CURITIBA, 2013

ESTUDO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE TRÊS
ESPÉCIES DE EUCALIPTO

Tese Apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Ciências Florestais da
Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da
Rocha

CURITIBA, 2013

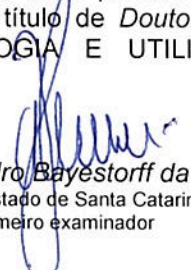


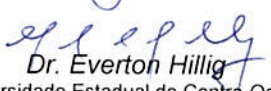
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da
Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

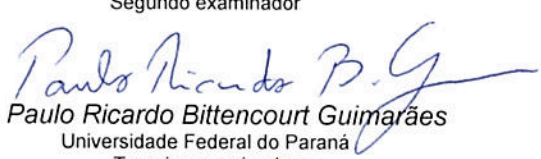
PARECER

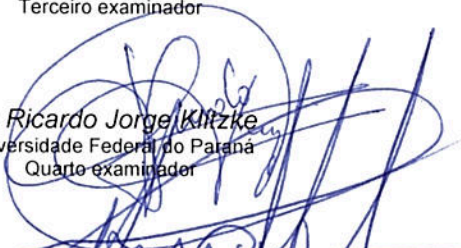
Defesa nº. 997

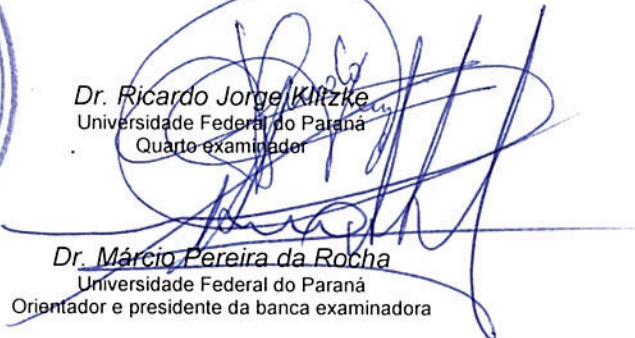
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Rui André Maggi dos Anjos* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ESTUDO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE TRÊS ESPÉCIES DE EUCALIPTO**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.


Dr. Alessandro Bayestorff da Cunha
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
Primeiro examinador


Dr. Everton Hillig
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Segundo examinador


Dr. Paulo Ricardo Bittencourt Guimarães
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador


Dr. Ricardo Jorge Klitzke
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador


Dr. Márcio Pereira da Rocha
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 01 de novembro de 2013.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Jorge Luis Monteiro de Matos
Vice-coordenador do curso

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi contribuir com o conhecimento do desdobro de três espécies de *Eucalyptus*, *E. dunnii*, *E. saligna*, e *E. grandis*. Para atingir esse objetivo foi analisada a influência do diâmetro e do clone sobre a massa específica básica, a qualidade do material serrado, o rendimento em madeira serrada, e a deformação longitudinal residual, DRL. Também foram construídas correlações lineares sobre as características. Para isso, o delineamento utilizado foi em fatorial duplo associando espécie e diâmetro, e espécie e clone. Foram coletadas 75 toras de três espécies de *Eucalyptus*, divididas em 25 toras para cada espécie, 3 classes diamétricas e 15 clones. Foram mensurados o rendimento em madeira serrada, a variação das dimensões das peças serradas, os índices de encurvamento; arqueamento; e rachaduras, a DRL, o diâmetro a altura do peito (DAP), a altura total, e altura comercial das árvores e a massa específica básica, e foi feita uma análise quantitativa dos defeitos. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças entre as espécies para massa específica, sendo que *E. dunnii* apresentaram os maiores valores dessa variável. Ao analisar os clones verificou-se diferenças estatísticas entre os materiais estudados para *E. saligna* e *E. grandis*. Os resultados de rendimento em madeira serrada apontaram diferenças entre as espécies, entre os diâmetros e entre os clones estudados. A espécie com maior rendimento foi *E. saligna*, sendo que as toras grossas das três espécies tiveram as melhores performances, os clones 7, 8, 12, 13, 1 e 3 obtiveram os maiores valores de rendimento em madeira serrada. A análise da madeira serrada mostrou que os índices de empenamento foram diferentes entre as espécies, entre os diâmetros. O encurvamento foi maior para *E. saligna* e o arqueamento da madeira serrada foi maior em *E. dunnii*. Quando analisado os empenamentos em relação a classe diamétrica os resultados apontaram que as toras finas apresentaram os maiores valores de encurvamento e arqueamento. O resultado do índice de rachaduras não apresentou diferenças entre as espécies, no entanto ao analisar o rachamento em relação aos diâmetros notou-se diferenças. Entre os clones não se verificou a diferença entre os índices de rachadura. A análise quantitativa dos defeitos na madeira serrada revelou que 68%, 53%, 69% das tábuas de *E. dunnii*, *E. saligna* e *E. grandis* apresentaram simultaneamente, arqueamento, encurvamento e rachaduras. A análise da DRL indicou diferenças significativas entre as espécies sendo que *E. dunnii* obteve os menores valores de DRL. Para as classes diamétricas estudadas os níveis de DRL foram mais altos nas toras finas de *E. grandis*, toras médias de *E. saligna* e toras grossas de *E. dunnii*. Os clones com os maiores valores de DRL foram o 1, 5, 9, 10, 11 e 14. A análise das correlações apresentou relação significativa entre DAP, altura, altura comercial, rendimento em madeira serrada, perdas no rendimento causadas pelo destopo das rachaduras, índices de encurvamento e arqueamento. As conclusões apontaram que o aumento nas dimensões das árvores estudadas melhorou o rendimento em madeira serrada, e aumentou a qualidade das tábuas

Palavras chave: Madeira serrada, *Eucalyptus*, Contribuição

Abstract

The objective of this research was to increase the knowledge of the unfolding of three species of *Eucalyptus*, *E. dunnii*, *E. saligna* and *E. grandis*. To achieve this goal was analyzed the influence of the diameter and of the clone on the basic density, the quality of material sawed, saw wood yield and residual longitudinal strain, (DRL). Linear correlations were also built on the features. For this, the experimental design was a factorial double associating species and diameter, and species and clone, 75 logs were collected from three species of eucalyptus, divided into 25 logs for each species, diameter classes 3 and 15 clones. Were measured the yield of lumber, the variability of sawn pieces, indexes bending, bowing, and cracking, the DRL, the diameter at breast height (DBH), total height, and height of the trees and the basic density, and was made a quantitative analysis of defects. The results showed that there were differences between the species to density, and *E. dunnii* showed higher values of this variable. By analyzing the clones was found statistical differences between the studied materials for *E. saligna* and *E. grandis*. The results of sawn wood yield showed differences between species, and between the diameters between clones. The species with the highest yield was *E. saligna*, and the thick logs of the three species had the best performances, clones 7, 8, 12, 13, 1 and 3 had the highest yield values for lumber. The analysis showed that lumber warping indices were different between species, between the diameters. The bending was higher for *E. saligna* and warping of lumber was higher in *E. dunnii*. When analyzed in relation to the warping diameter class the results indicated that the thin logs showed higher bending and arching. The result of the splitting index did not differ between species, however to analyze cracking in relation to the diameters was noted differences. Among the clones there was no difference between the rates of crack. The quantitative analysis of defects in the lumber revealed that 68%, 53%, 69% of the tablets of *E. dunnii*, *E. saligna* and *E. grandis* showed simultaneously arching, bending and cracking. The DRL analysis indicated significant differences among the species with which *E. dunnii* obtained the lowest values of DRL. To diametric classes studied levels were higher in DRL logs fine *E. grandis*, medium timber *E. saligna* and thick logs *E. dunnii*. Clones with the highest values of the DRL were 1, 5, 9, 10, 11 and 14. The correlation analysis showed a significant relationship between DBH, height, height commercial saw wood yield, yield reductions caused by cracks, bending and arching ratios. The findings showed that the increase in the dimensions of the studied trees improved the yield of lumber, and increased the quality of the boards.

Key words: Saw wood, *Eucalyptus*, Contribution

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 O GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i>	12
3.1.1 <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	12
3.1.2 <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....	12
3.1.3 <i>Eucalyptus saligna</i>	13
3.2 DETERMINAÇÃO DOS DEFEITOS DA MADEIRA DE <i>EUCALYPTUS</i> SP.....	13
3.2.1 Defeitos causados por empenamentos	14
3.2.2 Defeitos causados por rachaduras	17
3.3 DENSIDADE BÁSICA	20
Variação da densidade básica	21
3.4 SISTEMAS DE DESDOBRO	24
3.4.1 Sistema de desdobro Tangencial	26
3.4.2 Sistema de Desdobro Radial	29
3.4.3 Efeito da Orientação do Corte Sobre a Qualidade da Madeira Serrada	30
3.4.4 Rendimentos em madeira serrada de diferentes sistemas de desdobro	36
3.5 TENSÕES DE CRESCIMENTO	38
3.5.1 Origem das Tensões de Crescimento	38
3.5.2 Consequências das Tensões de Crescimento	40
3.5.3 Influência do Componente Genético Sobre as Tensões de Crescimento	41
3.6 DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL).....	43
Variação da DRL	46
4. MATERIAIS E MÉTODOS	48
4.1 COLETA DO MATERIAL	48
4.2 SELEÇÃO DOS INDIVÍDUOS	48
4.3 OBTENÇÃO DAS TORAS.....	50
4.4 DESDOBRO DAS TORAS	50
4.5 MEDIÇÃO DAS AMOSTRAS	51
4.5.1 Determinação da densidade básica	51
4.5.2 Determinação do rendimento em madeira serrada	51

4.5.3 Determinação da qualidade da madeira.....	51
4.5.4 Avaliação geral da qualidade	52
4.6 DETERMINAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL	53
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	53
4.7.1 Uso do diagrama de Venn.....	54
4.7.2 A DRL e a relação entre a qualidade da madeira serrada	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 DENSIDADE BÁSICA	55
5.2 EFEITO DO DIÂMETRO SOBRE A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.....	56
5.3 EFEITO DO CLONE SOBRE A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.....	57
5.3.1 Densidade básica dos clones de <i>E. dunnii</i>	58
5.3.2 Densidade básica dos clones de <i>E. saligna</i>	58
5.3.3 Densidade básica para os clones de <i>E. grandis</i>	59
5.4 RESULTADOS SOBRE O RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA DAS TRÊS ESPÉCIES DE <i>EUCALYPTUS</i> SPP.....	60
5.5 EFEITO DO CLONE SOBRE O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA.....	64
5.5.1 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para <i>E. dunnii</i>	64
5.5.2 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para <i>E. saligna</i>	67
5.5.3 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para <i>E. grandis</i>	68
5.6 ANÁLISE DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA.....	71
5.6.1 Avaliação da variação das dimensões das peças serradas.....	71
5.6.2 Avaliação do índice de encurvamento para o efeito da espécie e da classe diamétrica	72
5.6.3 Avaliação do índice de arqueamento para os efeitos da espécie e da classe diamétrica	73
5.6.4 Avaliação do índice de rachaduras para o efeito da espécie e da classe diamétrica	75
5.6.5 Comparação dos índices de encurvamento entre os sistemas de resserragem 77	
5.7 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DEFEITOS	83
5.7.1 Análise dos defeitos sob o efeito da espécie	83
5.7.2 Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de <i>E. dunnii</i>	84
5.7.3 Análise quantitativa dos defeitos para os clones <i>E. dunnii</i>	87
5.7.4 Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de <i>E. saligna</i>	90

5.7.5	Análise quantitativa dos defeitos para os clones de <i>E. saligna</i>	92
5.7.6	Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de <i>E. grandis</i> ...	94
5.7.7	Análise quantitativa dos defeitos para os clones de <i>E. grandis</i>	96
5.8	RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SOB INFLUÊNCIA DO CLONE.....	97
5.8.1	Avaliação do índice de encurvamento sob o efeito do clone	97
5.8.2	Efeito do sistema de resserragem sobre o índice de encurvamento quando o material foi separado por clones.	99
5.8.3	Avaliação do índice de arqueamento sob o efeito do clone	102
5.8.4	Avaliação dos índices de rachadura sob o efeito do clone	107
5.8.5	Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de <i>E. dunnii</i>	108
5.8.6	Análise dos índices de rachadura para os clones de <i>E. saligna</i>	111
5.8.7	Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de <i>E. saligna</i> 112	
5.8.8	Análise dos índices de rachadura para os clones de <i>E. grandis</i>	113
5.8.9	Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de <i>E. grandis</i> 114	
5.8.10	Considerações sobre a análise de frequência dos índices de rachadura por clones	116
5.8.11	Efeito do sistema de resserragem sobre o índice de rachadura sob o efeito do clone	117
5.9	COMPARAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE DRL ENTRE AS ESPÉCIES	119
5.10	COMPARAÇÃO DA DRL SOB INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO	121
5.11	COMPARAÇÃO DOS VALORES DE DRL SOB O EFEITO DO CLONE	123
5.12	AVALIAÇÃO DAS CORRELAÇÕES DENDROMÉTRICAS COM O RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA E COM A DEFORMAÇÃO RADIAL LONGITUDINAL DRL.....	127
5.13	CORRELAÇÕES ENTRE A DRL, O RENDIMENTO E A QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA.....	129
5.14	ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES DE PEARSON.....	131
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	134
	ANEXO.....	150

1. INTRODUÇÃO

Segundo o levantamento Florestal mundial realizado pela FAO, (Food Agriculture Organization), em 2010 a área coberta por florestas no mundo é de aproximadamente quatro bilhões de hectares (ha). Apenas cinco países (Rússia, Brasil, Canadá, EUA e China) respondem por 53% do total. Os plantios comerciais de espécies florestais foram estimados em 263 milhões de hectares, sendo que 109 milhões de hectares são cobertos com espécies exóticas. O gênero *Eucalyptus* compõe o grupo de espécies com maior área plantada no mundo, por volta de seis milhões de hectares. O Brasil é líder mundial no cultivo do gênero, com quatro milhões de hectares. No território nacional foram introduzidas mais de 100 espécies, sendo as mais relevantes o *E. grandis*, com 55% do total, *E. saligna*, com 17%, e *E. dunnii*, o qual é utilizado no sul do país devido a sua resistência a geada.

Em 2012, a ABRAF (Associação Brasileira de Produtores Florestais) estimou que um terço dos plantios florestais no Brasil destinavam-se a produção de madeira serrada. Somente o estado do Paraná em 2010 produziu mais de 40 mil toneladas de toras de *Eucalyptus*, sendo que o valor bruto nominal ultrapassou a casa dos bilhões de reais no ano de 2010, boa parte dessas toras tem destino final as serrarias, a região de Telêmaco Borba, conta com mais de cinco dezenas de unidades industriais que processam exclusivamente toras de *Eucalyptus* na sua grande maioria *E. grandis*, IPARDES (Instituto paranaense de desenvolvimento social, 2010)

O mercado para esse tipo de produto cresce por volta de 3% ao ano. Esse cenário aponta o *Eucalyptus* como uma das principais fontes de matéria-prima para a produção de produtos serrados, visto que já ocupa lugar de destaque na produção florestal brasileira. No entanto, o uso do *Eucalyptus* em serraria é um fato relativamente recente, pois o emprego do gênero no desdobro ocorreu mais intensamente a partir do final dos anos 90. As primeiras tentativas de desdobro foram marcadas por prejudiciais manifestações das tensões de crescimento, que depreciaram a qualidade dos produtos e reduziram o aproveitamento da madeira serrada. Nesse período, foram desenvolvidas pesquisas para compreender o como se processava o fenômeno das tensões de crescimento e quais ações poderiam ser tomadas para mitigar a manifestação das tensões sobre a qualidade da madeira durante a conversão das toras em produtos serrados.

As tensões de crescimento sabidamente prejudicam o rendimento em madeira serrada. De forma objetiva a indústria sempre buscou espécimes que proporcionem maiores aproveitamentos em madeira serrada, com a mínima qualidade de defeitos. Em *Eucalyptus* são consideradas as toras com maior qualidade aquelas com rendimento elevado, e que produzem peças serradas com pequenas rachaduras e se possível, sem qualquer tipo de empenamento. Neste sentido as pesquisas feitas sobre o *Eucalyptus* tendem a buscar os fatores que interferem no rendimento e nos efeitos da madeira serrada. Por essa razão as rachaduras são manifestações das tensões de crescimento mais estudadas, pois a presença delas reduz o aproveitamento em madeira serrada. Outro defeito muito considerados pelos pesquisadores é o arqueamento do material serrado. Uma peça que apresente esse tipo de empenamento de forma severa, para ser utilizada terá que ter suas dimensões redefinidas, isso comprometerá o volume de madeira aproveitável. Já os encurvamentos podem ser reduzidos com técnicas adequadas de empilhamento, não implicando necessariamente na redução das dimensões da madeira serrada, logo, os defeitos mais estudados na madeira do gênero são as rachaduras e os arqueamentos.

Uma pretensão antiga dos pesquisadores foi detectar precocemente as características presentes na árvore em pé que podem exercer, ou explicar as características do material serrado e o rendimento em madeira serrada. Com base nesse princípio foram desenvolvidas técnicas que selecionavam árvores para o desdobro com base em caracteres facilmente inidentificáveis, como o diâmetro e a altura. A partir dos primeiros anos deste século adotou-se técnicas de seleção que incluíam características genéticas distintas, selecionando clones de diferentes origens para a conversão em produtos serrados. Os estudos mais comuns vislumbram o material do ponto de vista fenotípico organizando as amostras por características semelhantes. Nas pesquisas realizadas sobre o gênero, a característica mais comum, e mais frequentemente utilizada, é o agrupamento das amostras por diâmetro. É natural que essa variável seja empregada, uma vez que é de fácil obtenção e pode-se relacionar essa variável com outras. Nas pesquisas conduzidas por pesquisadores que buscam o melhoramento genético do gênero para o uso em serrarias, o diâmetro figura com uma característica importante, contudo os agrupamentos amostrais são realizados com base no material genético das amostras, o pesquisador busca além do diâmetro das árvores selecionar clones

que apresentem bom rendimento em madeira serrada e manifestações das tensões de crescimento que não sejam prejudiciais ao aproveitamento.

Paralelamente, diferentes autores utilizaram técnicas chamadas 'não destrutivas', são metodologias aplicadas na árvore em pé em momentos pré-desdobro que fornecem informações que posteriormente são correlacionadas ao rendimento, e a qualidade da madeira serrada. O princípio que norteia essas técnicas é a seleção precoce de indivíduos mais aptos a utilização em serraria, e a detecção de uma variável que explique o rendimento e a qualidade da madeira serrada. No entanto essas técnicas precisam de aprofundados estudos, as técnicas precisam ser refinadas e aperfeiçoadas, pois o diversos fatores podem afetar as manifestações das tensões de crescimento, ainda não são totalmente conhecidos.

O *Eucalyptus* é a espécie florestal exótica de maior importância para a economia brasileira, sua utilização em serraria deverá crescer nos próximos anos, e paulatinamente sua utilização competirá com as espécies de madeiras nativas. Todavia sua utilização apresenta problemas e grandes desafios deverão ser enfrentados para atingirmos níveis de excelência no aproveitamento desse recurso. Esta pesquisa vem somar esforços para aperfeiçoar o uso do gênero *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para a indústria de processamento primário, uma vez que é focada em três espécies de relevante importância para serraria. Também se buscou identificar e isolar o efeito do diâmetro sobre a qualidade e o rendimento em madeira serrada. Partindo de populações clonais, o arranjo utilizado nesse estudo procurou compreender e descrever o efeito do fenótipo sobre o desdobro. A metodologia empregou um procedimento de avaliação precoce das manifestações de tensão de crescimento, por meio da tecnologia Cirad-forêt, que permitiu estabelecer correlações entre as características da árvore em pé com a qualidade dos produtos serrados.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal dessa pesquisa foi contribuir com o conhecimento do desdobro de três espécies do gênero *Eucalyptus*, *E. dunnii*, *E. saligna* e *E. grandis*, estudando o comportamento de clones oriundos de teste de procedência utilizados em processamento comercial em serraria.

Para atingir o objetivo principal desta pesquisa foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- I. Determinar o efeito da espécie, do diâmetro e do clone sobre densidade básica de três espécies de *Eucalyptus*.
- II. Determinar o rendimento em madeira serrada de três espécies de *Eucalyptus*, e a influencia do diâmetro e do clone sobre o aproveitamento em madeira serrada.
- III. Classificar as peças de madeira serrada em classes de qualidade de acordo com os parâmetros da norma ABNT –NBR 14086.
- IV. Avaliar quantitativamente e qualitativamente a madeira serrada.
- V. Estudar o método da deformação residual longitudinal sob os efeitos da espécie, do diâmetro e do clone *Eucalyptus* e estabelecer correlações com a qualidade da madeira serrada e com o rendimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O GÊNERO *Eucalyptus*

Segundo WAUGH (1998), na Austrália gênero forma as árvores dominantes as florestas no país existem mais de 700 espécies, sendo 100 usadas em produtos de madeira. Segundo OLIVEIRA (1999)a, o gênero *Eucalyptus*, apresenta madeira de cor variando do amarelado até o vermelho. A madeira apresenta pouco brilho, grã direita a revessa, textura fina a média; macia a moderadamente dura ao corte, com cheiro e gosto distintos. A densidade aparente varia de leve até aquelas bastante pesadas, com valores entre 0,40 a 1,20 g/cm³. Apresentam baixa durabilidade em algumas espécies até relativa durabilidade, mesmo sem serem preservadas.

3.1.1 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Área de ocorrência natural do *E. grandis* situa-se ao norte de Nova Gales do Sul e ao sul de Queensland, entre as latitudes 25 e 33° S, ocorrendo ainda, no centro (latitude 21° S) e no norte (16 a 19° S) de Queensland. As altitudes variam do nível do mar até 600 m, na área de maior ocorrência e entre 500 e 1.100 m. Na principal área de ocorrência, a temperatura média do mês mais quente está em torno de 24 a 30 °C e a média das do mês mais frio 3 a 8 °C. Para as áreas ao norte, os valores variam de 29 a 32 °C e 10 a 17 °C. A geadas ocasionais, ocorrem em área afastadas da costa. A precipitação média anual está em torno de 1.000 a 3.500 mm (EMBRAPA, 1986). SILVA et al. (1997) concluíram que a madeira de *E. grandis* tem um alto potencial para o setor de madeira serrada, principalmente o setor moveleiro. Segundo SIMULA & TISSARI (1998), o *E. grandis* é considerado entre os melhores *Eucalyptus* para diversos usos e movelaria, mas está mais sujeito a rachaduras que o *Pinus*.

3.1.2 *Eucalyptus dunnii* Maiden

A região de ocorrência natural desta espécie, restringe-se a pequenas áreas no nordeste de Nova Gales do Sul e no Sudeste de Queensland. As latitudes variam de 28 a 30°15' S e as altitudes de 300 a 780 m aproximadamente. Com temperatura média no mês mais quente entre 27 e 30° C e 0° C e 30° C no mês mais frio,

ocorrendo de 20 a 60 geadas por ano. A precipitação média anual é de 1.000 a 1.750 mm (EMBRAPA, 1986).

As árvores de *E. dunnii* fornecem madeira de boa qualidade e fibras para polpa celulósica e são amplamente cultivadas no Sul do Brasil, principalmente nas regiões do planalto catarinense e paranaense. Apresentam rápido crescimento e rusticidade tolerando as condições climáticas da região (LORENZI et al 2009). Segundo relatório realizado pela Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA) 2007, a área plantada de *E. dunnii* responde por cerca de 1% de toda a área de *Eucalyptus* no Brasil, estando entre as quatro espécies mais plantadas desse gênero.

3.1.3 *Eucalyptus saligna*

Ocorre geralmente na região litorânea e nos vales das cadeias montanhosas próximas ao litoral de New South Wales, e ao sul de Queensland. A distribuição natural da espécie situa-se entre as latitudes de 28 a 35°S, em altitudes desde o nível do mar até 1.000 m. A precipitação pluviométrica anual situa-se entre 800 a 1.200mm. Temperatura média do mês mais quente entre 28 a 30°C e no mês mais frio entre 3 a 4°C. As geadas ocorrem numa intensidade de 5 a 10 dias/ano. A madeira é indicada para uso generalizados. Frequentemente a espécie é confundida com *E. grandis* em função das afinidades existentes entre elas. Em alguns casos produz madeira de maior densidade quando comparada ao *E. grandis*. As características da madeira a tornam indicada para: laminação, móveis, estruturas, caixotaria, postes, escoras, mourões, celulose e carvão (IPEF, 2013).

3.2 DETERMINAÇÃO DOS DEFEITOS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* SP.

A norma brasileira ABNT/NBR 14806 de 2002 define uma série de defeitos possíveis na madeira de eucalipto, dentre eles distinguem-se os causados por movimentação nas peças (arqueamento, encurvamento, encanoamento e rachaduras); os oriundos de corpos estranhos no interior da madeira (bolsas de kino e orifícios de insetos) e os originados no desdobro (desbitolamentos). A mensuração dessas anomalias permite classificar a madeira serrada do gênero.

O sistema de desdobro exerce grande influência sobre o surgimento dos defeitos na madeira de *Eucalyptus*. Malan (1995) recomenda a utilização de cortes simultâneos, pois a liberação simétrica das tensões gera peças de dimensões mais uniformes.

3.2.1 Defeitos causados por empenamentos

Em relação à movimentação da peça tem-se os empenamentos no sentido longitudinal, (encurvamento) no sentido radial (encanoamento) e transversalmente (arqueamento) (GARCIA, 1995). O autor, explica que as tensões internas são manifestadas no momento do desdobro através de movimentos ocorridos na madeira. O grau de expressão desses movimentos depende da genética da planta, do local de crescimento e da forma de processamento.

Vázquez (2001) propôs um modelo teórico que mostra a distribuição das tensões de crescimento no interior da tora, (Figura 1). O autor explica que os empenamentos ocorrem devido a diferença desbalanceada entre as forças de compressão e tensão distribuídas ao longo da peça serrada. As fibras do centro da tora sujeitas a compressão elevada e na periferia as tensões elevadas, no momento do desdobro as fibras sujeitas a compressão tentam a distender-se, e as sujeitas a tensão tendem a encurtar-se provocando defeitos no material serrado.

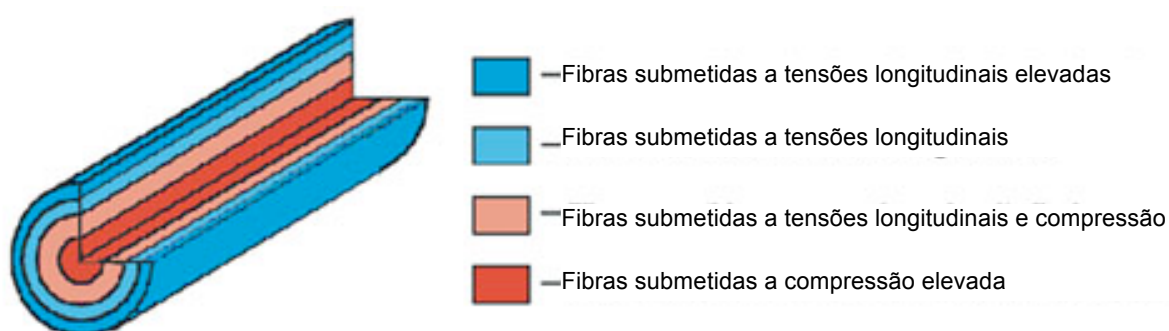


FIGURA 1 - MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO NO INTERIOR DA TORA NO SENTIDO MEDULA CASCA
FONTE: Vázquez (2001)

O encurvamento é medido através da flecha “f”, (Figura 2) que a peça serrada faz em relação a um plano paralelo as extremidades da tábua, dividida pelo comprimento total da peça, já o encanoamento é medido na flecha “ f_i ” o plano paralelo as laterais da peça.

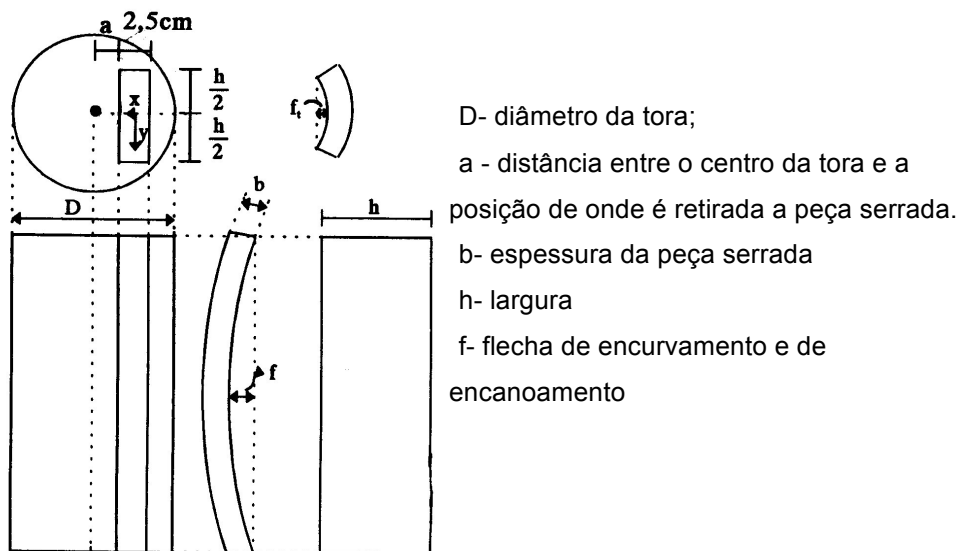


FIGURA 2 - APRESENTAÇÃO DO ENCURVAMENTO E DO ENCANOAMENTO
 FONTE : Garcia (1995)

A norma brasileira que trata dos defeitos de desdobro da madeira de *Eucalyptus* mostra que o empenamento longitudinal é medido através de um índice chamado de índice de encurvamento, a Figura 3 representa a flecha de encurvamento.

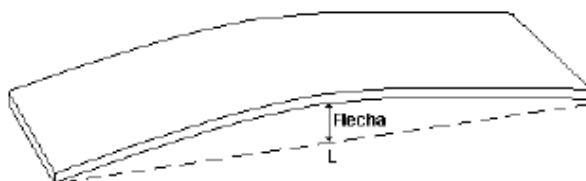


FIGURA 3 - ILUSTRAÇÃO QUE DEMONSTRA O EMPENAMENTO NO SENTIDO LONGITUDINAL, (ENCURVAMENTO)
 FONTE: ABNT/NBR 14806 (2002)

O índice de encurvamento é calculado dividindo o valor da flecha de encurvamento pelo comprimento da peça expresso em milímetros por metro (ABNT/NBR14806).

O encurvamento das tábuas para todos os clones analisados por Ferreira *et al.* (2004) em três métodos de desdobro apresentou valores de pequena magnitude: 3,2 mm/m a 2,9 mm/m. Estes valores são diferentes aos encontrados por Rocha (2000) e Del Menezzi (1999), com 2,26 mm/m e 5,65 mm/m, respectivamente, ambos trabalhando com *E. grandis*. Telles dos Santos *et al.* (2004), utilizando um desdobro misto que retira tábuas radiais e tangenciais, perceberam um encurvamento maior nas tábuas de posições acima de 3 m de altura de 16,44 mm, e 14,71 mm para as tábuas retiradas abaixo disso, as tábuas tinham comprimento nominal de 2,7 m. Telles dos Santos (2002) encontrou uma média de 15,71 mm para oito progênies de *E. grandis*. Rocha e Trugilho (2006) encontraram valores de 14,8 mm/m para um desdobro tangencial e 14,40 mm/m em tábuas obtidas por um desdobro radial. Garcia (1995) comenta que o encurvamento está ligado às tensões de crescimento e, por consequência, à expressão no genótipo da planta.

Lima *et al.* (2000) reportam em seus estudos que quando a madeira sofre uma intervenção durante seu crescimento de modo a acelerar o ganho nas dimensões da tora, pode acarretar um maior encurvamento das peças serradas.

A norma brasileira, ABNT/NBR 14806, determina que, se uma peça serrada curva-se no sentido transversal ao sentido do crescimento da planta esse defeito recebe o nome de arqueamento (Figura 4). O índice de arqueamento é calculado dividindo-se a flecha de arqueamento pelo comprimento da peça serrada e é expresso em milímetros por metro.

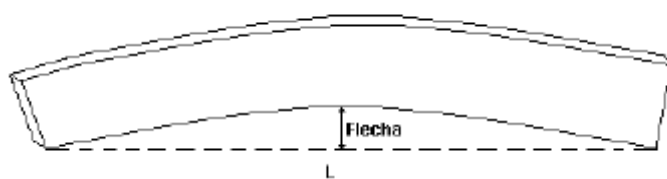


FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DO ARQUEAMENTO NO SENTIDO TRANSVERSAL AO CRESCIMENTO DA PLANTA
 FONTE: ABNT/NBR 14806 (2002)

De maneira geral, um dos defeitos mais comentados na madeira de *Eucalyptus* é o arqueamento (figura 9). Del Menezzi (1999), estudando *E. cloeziana* de 17 anos de idade e *E. grandis* de 21 anos de idade, afirmou que, do ponto de vista de utilização de peças, a madeira foi muito prejudicada pelo arqueamento. Crespo (2000) indicou que uma das causas do surgimento desse defeito é o

encurtamento das fibras que têm a face da tábua voltada para o centro da árvore; a peça serrada encurta-se devido às tensões de crescimento. Rocha (2000) e Rocha e Tomaselli (2002) afirmam que os desdobros que retiram mais tábuas tangenciais reduzem tanto o arqueamento quanto o encurvamento.

O mesmo ocorre em Rocha e Trugilho (2006), os quais, investigando toras de *E. dunnii* em dois sistemas de desdobro, notaram uma diminuição do arqueamento em tábuas radiais. Nas suas conclusões expõem que esse defeito é um dos mais influenciados pelo sistema de desdobro.

Para Ferreira *et al.* (2004) o arqueamento médio de 44 clones de *Eucalyptus* foi de 0,8 mm/m e 1,1 mm/m. Para Rocha (2000), em *E. grandis* e *E. dunnii* com idades de 12 e 16 anos foi de 1,56 mm/m e 2,8 mm/m. Esses autores notaram redução no arqueamento em desdobro tangencial. Garcia (1995) indica que uma das formas para mitigar os efeitos do arqueamento é o desgaste de uma das faces da peça serrada ou simplesmente a redução de seu comprimento. Das duas formas o autor confirma uma redução na produtividade em madeira serrada.

Telles dos Santos *et al.* (2004) apenas mediram o desvio da flecha e encontraram valores de 5,13 mm e 5,15 mm em tábuas confeccionadas com a primeira e a segunda tora de 2,70 m de comprimento. O desdobro utilizado foi o de cortes simultâneos em uma serra circular múltipla sobre um bloco confeccionando por uma serra circular dupla.

3.2.2 Defeitos causados por rachaduras

Vázquez (2001) criou dois esquemas demonstrando a formação das rachaduras em função das tensões de crescimento e o secionamento da tora (Figura 5 e Figura 6).

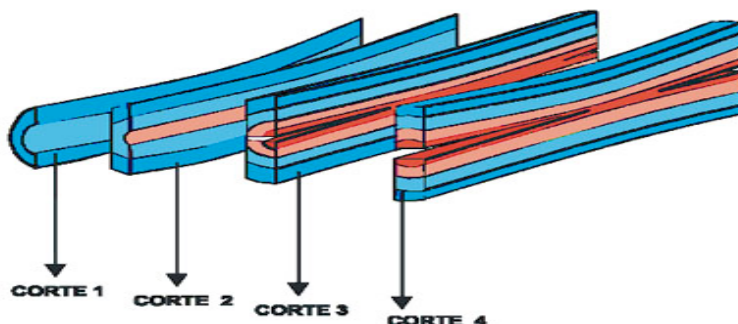


FIGURA 5 - ESQUEMA DE FORMAÇÃO DAS RACHADURAS DE TOPO EM PEÇAS SERRADAS
VÁZQUEZ (2001)
FONTE: Vazques (2001)

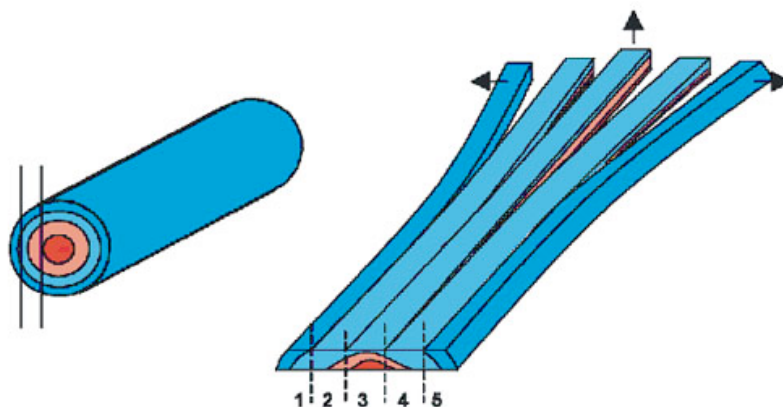


FIGURA 6 - LIBERAÇÃO DAS TENSOES DE CRESCIMENTO DE UMA PEÇA SERRADA
 FONTE: Vázquez (2001)

Vázquez (2001) explique que a região periférica do tronco está exposta a um esforço de tração, enquanto que na região central concentram-se forças de compressão. A integridade da tora comporta e sustenta o equilíbrio dessas forças, mas a partir do momento que a árvore é derrubada ocorre uma mudança nesse equilíbrio. Se as forças de união entre os elementos celulares de uma determinada peça serrada forem inferiores aos esforços contrários de tração e compressão presentes no interior da madeira, surgirão rachaduras.

As rachaduras são medidas, segundo a norma brasileira, considerando a somatória de seus comprimentos dividida pelo comprimento da peça é determinado o índice de rachadura, (Figura 7).

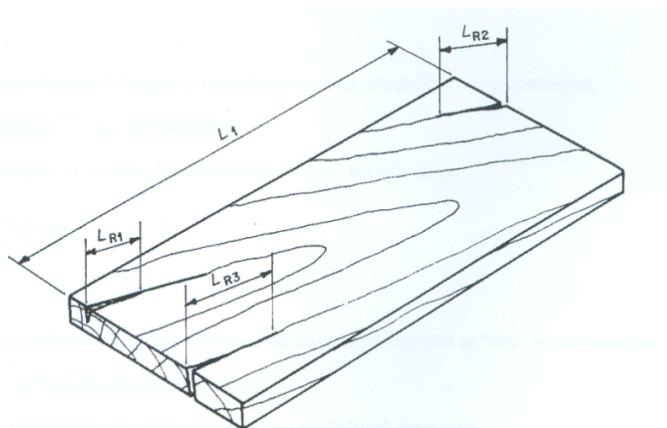


FIGURA 7 - DEMONSTRAÇÃO DAS RACHADURAS SEGUNDO A NORMA BRASILEIRA
 FONTE: ABNT/NBR 14806 (2002)

Miranda e Nahuz (1999) estudando o índice de rachaduras em tábuas de *E. grandis* encontraram diferenças significativas para o rachaduras, entre árvores plantadas nos espaçamentos 3x3 m, 3x4 m e 4x4 m, ao longo do fuste. No entanto,

os autores não foram capazes de estabelecer uma relação clara entre o espaçamento e o índice de rachaduras, visto que obtiveram 2,29% de índice de rachaduras para o espaçamento 3x3 m, 2,89% para 3x4 m, e 2,19% para 4x4 m. Quanto à altura da tora, observaram que as peças retiradas de toras mais altas apresentaram maior rachaduras.

Crespo (2000) estudando *E. grandis* e *E. saligna* percebeu que parte das rachaduras tem origem nas tensões de crescimento, e calculou uma relação de 77% entre as rachaduras das toras e as rachaduras nas tábuas. O autor ressaltou que parte dessas rachaduras é originada pela forma como as tábuas são desdobradas. Telles dos Santos (2002) também calculou uma relação entre os índices de rachaduras de toras e tábuas de *Eucalyptus* e chegou a relações de 98% em alguns casos. Rocha (2000), comparando dois sistemas de desdobro, tangencial e outro radial, percebeu que quando o desdobro serrava madeira tangencialmente aos anéis de crescimento, ocorriam mais rachaduras nas toras. O mesmo foi válido para Rocha e Trugilho (2006) serrando madeira de *E. dunnii*; no sistema tangencial as rachaduras atingiram 16, 20% do comprimento das peças e no radial apenas 5, 60%. Ferreira *et al.* (2004) não fizeram distinções quanto ao sistema de desdobro; mediram as rachaduras apenas no seu comprimento máximo, atingindo valores de 97 mm em média para tábuas de comprimento nominal de 2,8 m. Crespo (2000) estudando toras de 20 anos de *E. saligna* e *E. grandis*., relatou uma tendência de aumento das rachaduras no sentido base topo que acompanha a variação da massa específica. Telles dos Santos *et al.* (2004) estudaram a influência do posicionamento da tora e também relataram que as toras retiradas da base rachavam menos que as toras obtidas acima de 3 m de altura. No entanto, ao contrário dos estudos anteriores, os autores encontraram diferenças significativas para o material estudado, com 21 progênies de *E. grandis* aos 8 anos. Esses dados vão de encontro com os de Telles dos Santos (2002), que também encontrou uma relação forte entre rachaduras de toras e rachaduras de tábuas, em certos casos acima de 90%, sendo que próximo à base as tábuas retiradas apresentavam menos rachas. Cabe ressaltar que a metodologia utilizada nos trabalhos de Telles dos Santos (2002) e Telles dos Santos *et al.* (2004) consideram a abertura máxima da rachadura, diferindo de todos os outros autores inclusive da norma brasileira.

Lima *et al* (2000) estudaram as rachaduras no topo de toras e em peças serradas obtidas pelo método do desdobro da prancha central em árvores de *E.*

grandis submetidas a diferentes regimes de desbaste. Os autores não verificaram diferenças entre os desbastes. No entanto, perceberam que as toras com maiores rachaduras apresentavam tábuas com rachaduras de maior amplitude.

3.3 DENSIDADE BÁSICA

A densidade básica da madeira tem sido um índice de qualidade estudado pelos pesquisadores e melhoristas florestais desde o início das pesquisas sobre o gênero no Brasil. O desenvolvimento alcançado pela genética florestal, coadjuvado pelos ganhos obtidos no rendimento volumétrico, foram as primeiras etapas de um programa onde se procurou melhorar a qualidade da madeira, para a utilização destinada a celulose e papel. Dentre os padrões de qualidade de madeira procurados, a densidade básica foi o que mais se sobressaiu por ser o de mais fácil manuseio e de comprovada alta herdabilidade, (BRASIL *et al.* 1979).

Do ponto de vista da silvicultura a densidade básica é sempre uma característica a ser controlada. Quanto dela pode ser alterada, ou ainda, quanto da densidade está sob o domínio genético e quanto sofre alteração pelo ambiente são questões frequentemente do interesse do manejo (BAMPI 1991).

Ferreira (1968), pioneiro no estudo da variação da densidade básica do gênero *Eucalyptus*, já indicava que a variação dessa propriedade mostrava um alto potencial para o melhoramento florestal.

Busardo *et al.* (1987) afirmam que a massa específica básica ou simplesmente densidade básica é a relação entre a porção de material vegetal totalmente seca, dividida por seu respectivo volume saturado. Sendo que esse valor recebe influência das características anatômicas, químicas e físicas, tornando-se uma variável complexa, pois está ligada à espécie e a diferentes indivíduos da mesma espécie. Em revisão sobre os estudos de densidade básica da madeira de *Eucalyptus*, com idades entre 60 e 84 meses, Ferreira e Kageyama (1978) usando o valor arbitrário de $0,5\text{g/cm}^3$ classificaram as espécies em grupos: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii* e *Eucalyptus botryoides* abaixo de $0,500\text{ g/cm}^3$, o *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus resinifera*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus propinqua* em torno de $0,500\text{ g/cm}^3$, enquanto, *E. microcorys* e *E. cloeziana* apresentaram valores superiores a $0,500\text{ g/cm}^3$. Acompanhando informalmente essa divisão tem-se Ribeiro e Zani Filho (1993), que agruparam *Eucalyptus pellita*, *E. urophylla* e *E.*

grandis com densidades entre 0,560-0,668, 0,529-0,587 e 0,436-0,535 g/cm³ respectivamente e para *E. dunnii* 0,459-0,580, *E. saligna* com 0,360-0,518 g/cm³. Em outro local com árvores de 63 meses de *E. grandis* os autores encontraram valores variando entre 0,374-0,503 g/cm³.

A densidade básica é influenciada pelas dimensões dos elementos celulares, proporção de certos elementos como vasos, fibras, proporção dos elementos químicos como extrativos e as condições de crescimento como índices de sítio. No interior da planta também ocorrem variações no sentido longitudinal e transversal que resultam em diferenças nos valores de densidade básica (Ferreira e Kageyama 1978, Tomazello Filho 1985 e Busardo *et al.* 1987).

Silva *et al.* (2004) afirmaram que, quase sempre a massa específica se apresenta correlacionada com a retratibilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade, durabilidade natural e várias propriedades físicas e mecânicas da madeira. Os mesmos autores reiteraram que a qualidade da madeira sólida é quase sinônimo de sua massa específica, mas que tal propriedade não deve ser considerada como único parâmetro de decisão para um determinado uso.

Oliveira *et al.* (1990) e Lima *et al.* (2000) asseguraram que a massa específica é uma boa indicadora de qualidade da madeira, em função das várias correlações com outras propriedades. Entretanto, ela não indica, de forma direta e conclusiva, valores das propriedades mecânicas, dimensões de fibras, poder calorífico, composição química ou existência de defeitos internos. Assim, a massa específica, quando analisada de forma isolada, não representa um bom e seguro parâmetro para uma definição de usos.

Variação da densidade básica

Brasil (1976) estudando a variação da densidade básica de *E. grandis*, demonstrou entre seus resultados que a densidade básica sofre influência do teor de extrativos. A autora não quantificou essa interferência, mas apoiou suas observações em dados de Nelson e Heather (1972) de que árvores com maior teor de extrativos solúveis em água apresentam ligeiros aumentos na densidade básica.

Em comparação entre a variação da densidade básica de folhosas e coníferas, Brasil (1976) destaca que as coníferas apresentam redução da densidade

com o aumento da altura sem qualquer relação com os extrativos solúveis. Já as folhosas têm comportamento distinto.

Brown *et al.* (1949) propõem uma divisão entre folhosas com poros em anéis concêntricos, onde a densidade decresce com o aumento da altura, e folhosas que apresentam porosidade difusa, em que a densidade cresce até um ponto próximo à mediana da altura e decrescendo a partir deste ponto. Para os autores o gênero *Eucalyptus* enquadra-se neste segundo caso.

Panshin e Zeew (1970) apresentaram os principais modelos de variação longitudinal dentro das árvores como sendo:

- a) decrescente uniformemente com a altura;
- b) decrescente até o meio do tronco e crescente deste ponto até o topo;
- c) crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

Os autores afirmam que no gênero *Eucalyptus* observa-se, com maior frequência, o segundo modelo, ou seja, decrescente até 50% da altura da árvore e crescente deste ponto até o topo ou ainda podendo diminuir próximo ao topo.

Haselein *et al.* (2004), trabalhando com 13 procedências de *E. grandis* plantadas em Osório-RS, perceberam uma tendência da densidade básica reduzir da base até 50% da altura total e aumentar a partir desse ponto até 100% da altura. Nas mesmas plantas os autores relataram que a umidade no interior da madeira segue uma tendência inversa, ou seja, é maior nos tecidos da base média no ponto próximo a 50% da altura comercial e mais baixa no topo da árvore. Os autores não comentaram a existência de uma relação matemática entre teor de umidade e a densidade básica.

Brasil (1972) trabalhando com *Eucalyptus propinqua*, encontrou a densidade aumentando até o meio da árvore e diminuindo do ponto médio em direção à copa. O mesmo ocorreu com Souza *et al.* (1986) para cinco procedências de *E. saligna* e duas de *E. grandis*, onde os autores encontraram a densidade crescendo até próximo de 50% da altura e decrescendo a partir desse ponto.

Barrichelo *et al.* (1983), em estudos com *Eucalyptus* spp., concluíram que as espécies *E. microcorys*, *E. pellita* e *E. triantha* apresentaram uma variação tipicamente decrescente dos valores de densidade em relação à altura. A tendência das árvores de *E. gummifera* e *E. grandis* é apresentarem densidade básica crescente a partir do DAP atingindo um ponto máximo próximo a 70% da altura

comercial. *E. pilularis* e *E. Saligna* apresentaram valores alternados como tendência para decrescentes em relação à altura e *E. globulus*, da mesma forma, alternância de valores para decrescente.

Oliveira *et al.* (2005)a, estudando a variação da umidade natural e da densidade básica de sete espécies de *Eucalyptus*, perceberam não se tratar de um modelo único e genérico para todas as espécies.

Rezende *et al.* (1998) estudaram 80 árvores de *E. grandis* em oito níveis de produtividade e concluíram que a massa específica mostrou um decréscimo até a posição 25% da altura, seguida de um novo acréscimo para as demais posições no sentido base-topo.

Diferentemente desses resultados, Rozas (2002), estudando a variação da densidade básica em relação à altura de *E. nitens* e *E. globulus*, determinou aumentos quase lineares de densidade básica proporcionais aos aumentos na altura.

No sentido radial, a variação da densidade sofre influência de diversos fatores. Brasil e Ferreira (1971) enumeraram estes como: os anéis de crescimento, a presença de lenho adulto e juvenil, e a presença de formação de cerne. Os autores, estudando essa variação em *E. grandis*, anotaram aumentos de densidade básica no sentido medula casca. Tomazello Filho (1987), estudando a mesma variação em *E. pellita*, *E. globulus* e *Eucalyptus acmenoides*, não encontrou a mesma tendência para *E. globulus* aos 10 anos.

Estudando a variação da densidade em *E. grandis*, Tomazello Filho (1987) observou que a densidade básica da madeira cresce no sentido casca-medula, sendo esse crescimento mais acentuado nas camadas mais externas em que o aumento da densidade básica da madeira foi acompanhado pelo aumento da espessura das paredes das fibras e pelo comprimento médio das fibras. Os autores encerram as suas conclusões afirmando que há uma alta variação das características estudadas entre as árvores de *E. grandis*, todas com mesmo DAP. Essa variação poderá ser de grande interesse para seleção de árvores matrizes, (BRASIL e FERREIRA, 1972). O mesmo é encontrado em Silva *et al.* (2004) que comentaram a variação da densidade básica em quatro idades diferentes de *E. grandis*, e em todas elas foi encontrada a tendência de aumento próximo à casca e redução ao redor da medula.

Em Bamber *et al.* (1982) encontra-se uma referência ao aumento da frequência e dos diâmetros dos vasos com o aumento da idade e do ritmo de crescimento. Para os autores, embora não seja significativo, parece haver uma tendência de densidade maior em árvores de rápido crescimento. Tal fato é explicado por uma redução na proporção dos vasos e a diminuição dos diâmetros dos mesmos.

Os dados de Cruz (2000) para híbridos de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* confirmam as afirmações de Lima (1999) e Brasil e Ferreira (1972) para a variação da densidade no sentido radial, pois foram encontrados valores maiores de densidade básica para as posições mais externas do diâmetro da tora. O valor médio de densidade básica calculado no estudo conduzido por Cruz (2000) foi $0,505 \text{ g/cm}^3 \pm 0,038$.

3.4 SISTEMAS DE DESDOBRO

A conversão de toras em madeira serrada compreende a transformação de peças de seção circular ou elíptica em peças de seção retangular. É uma operação que permite melhor aproveitamento da madeira, além de lhe conferir maior versatilidade de uso (Rocha 2002). Ponce (1992) define o desdobro com conversão de toras em produtos de superfícies planas por meio de processos mecânicos.

Para Dell Menezzi e Nahuz (1998) o processamento primário da madeira deve produzir madeira serrada de qualidade, com o maior aproveitando possível buscando eficiência e otimização dos parâmetros ligados ao rendimento. Para os autores o método de desdobro é uma das variáveis que interfere diretamente no aproveitamento da madeira. A seleção do método, na prática, é consequência de fatores econômicos como demanda do mercado, custo dos equipamentos quanto técnicos e fatores técnicos como as dimensões das lâminas de corte, capacidade dos equipamentos, dimensões da matéria-prima, abastecimento da indústria, localização e operações de logística.

No Brasil é quase unânime a utilização de serras fita para o desdobro. Früwald (1980) citado por Baena (1982), aponta as seguintes vantagens no uso desse tipo de tecnologia: versatilidade na variação diamétrica; velocidade de avanço mais baixa e menor geração de resíduo devido a pequenas espessuras das lâminas; boa precisão no corte; tempo reduzido na substituição das lâminas; flexibilidade de

modelos de corte quando não há seleção prévia das toras. Como desvantagem apresenta: manutenção mais cara, dificuldades no manuseio das lâminas, afiação e maiores custos de implantação.

Adlers (1975) estudando os sistemas de corte africanos percebeu a utilização de serras alternativas como equipamentos principais do desdobro acompanhadas de serras circulares. Baena (1982) observou a utilização de serras circulares duplas em cortes simultâneos, designado por Ramos (1973) por método dos cortes paralelos e simultâneos. Esse último preconiza que através dessa metodologia a quebra do equilíbrio das tensões de crescimento.

Os apontamentos de Montagna *et al.* (1991), estudando o efeito das tensões de crescimento da madeira de *Eucalyptus grandis* de 18 anos de idade e com DAP de 23 cm, em função do sistema de desdobro, verificaram que a espécie, quando desdobrada por uma serra de fita simples pelo sistema de corte tradicional, cortes paralelos e alternados, produziu tábuas com o valor do índice de rachaduras nove vezes maior quando comparado ao das tábuas obtidas pelo desdobro de toras no sistema de cortes realizado mediante o uso de uma serra de fita geminada.

O instituto tecnológico do Estado de São Paulo (IPT), em relatório comparativo entre os três métodos utilizando *E. saligna* e *E. grandis* entre 7 e 10 anos, concluiu que o método que apresenta maior rendimento é o que retira três costaneiras em cortes consecutivos, sendo essa posteriormente processadas em pranchas. Baena (1982) comenta que esse método é uma adaptação as condições brasileiras do procedimento australiano denominado “*quarter sawing*”.

Waugh (1998), comenta que o tipo de serra, circular ou de fita, exerce alguma influência na qualidade do produto, como também a passagem da tora através da serra e tem considerável efeito nos defeitos do produto.

Viadurre *et al.* (2008) estudando as forças de corte envolvidas em diferentes perfis de lâminas de corte, constataram que, os sistemas de desdobro mais comumente utilizados em *Eucalyptus* no Brasil são baseados na grande maioria, em serras de fita, nas operações de desdobro principal, e em seguida, usam-se serras circulares múltiplas para a geração de tábuas. Os blocos e semi-blocos são convertidos em peças serradas através de um conjunto de serras circulares, denominado multilâmina ou multisserra. Os autores citam a elevada produtividade da serra multilâmina, pois com uma única passada produz várias peças serradas, em oposição às serras de fita simples que permitem a obtenção de apenas uma

única tábua por corte. Concluem que, apesar da maior produtividade obtida pelas serras circulares o rendimento em madeira serrada é menor, em razão das maiores espessuras de corte.

Segundo Del Menezzi e Nahuz (1998), a escolha da técnica do desdobro de *Eucalyptus*, deverá priorizar a melhor qualidade da madeira, ou seja, reduzir os problemas nos produtos serrados como rachaduras e empenamentos. O desdobro da madeira de *Eucalyptus* está condicionado às características inerentes ao gênero, como as tensões de crescimento e a grã espiralada, necessitando assim de técnicas especiais.

Pipino (2001) ao estudar o desdobro de toras em serra de fita ressaltou as dificuldades de manutenção e treinamento dos operários, informando que os cortes deveriam ser realizados de forma a retirar peças com o máximo de rendimento e produtividade. O autor salientou a importância do treinamento adequado dos operadores ao equipamento e o entendimento das inúmeras particularidades da madeira de *Eucalyptus*.

3.4.1 Sistema de desdobro Tangencial

Para Del Menezzi e Nahuz (1998), a técnica de cortes tangenciais consiste na obtenção de peças tangenciais às camadas de crescimento. Esta técnica é observada em várias espécies de folhosas, mas há relatos de que quando utilizada em *Eucalyptus* as tábuas podem apresentar defeitos gerados pelas tensões de crescimento e após a secagem devido a contração tangencial dos tecidos.

Garcia (1995), num ensaio sobre o desdobro do *Eucalyptus*, comenta que as tábuas da parte externa tendem a se alongar na parte próxima à casca e a se encurtar na região próxima à medula. O mesmo pode ser visto no trabalho de Lisboa (1993) que, em estudo sobre as tensões de crescimento, percebeu que as células do centro da árvore expandem-se após o corte, enquanto que as da periferia encurtam-se, originando empenamentos. Garcia (1995) atribui a movimentação da madeira serrada às forças de inércia que mantêm a árvore em pé. Rocha e Trugilho (2006) indicam que no sistema de corte tangencial, usando *E. dunnii*, as rachaduras foram maiores, bem como o encanoamento, que teve seus efeitos potencializados por ocasião da secagem. Ferreira *et al.* (2004) estudaram híbridos de *Eucalyptus* sp. em três sistemas de corte tangenciais que retiravam as peças serradas de maneira

balanceada. Os autores perceberam que sempre que impunham um desdobro de cortes paralelos à casca (Figura 8), os valores de rendimento aumentavam se comparados a cortes paralelos ao centro da tora (Figura 9) ou na porção mediana (Figura 10), ou seja, $1/3$ do diâmetro.

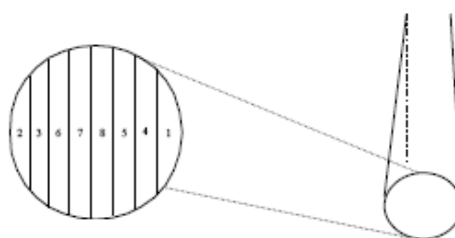


FIGURA 8 - DESDOBRIO DE CORTES TANGENCIAIS UTILIZADO NO ESTUDO DE FERREIRA *ET AL.* (2004)
 FONTE: Ferreira *et al.* (2004)

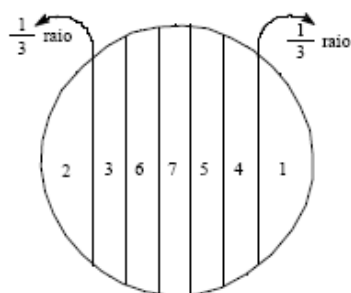


FIGURA 9 - DESDOBRIO DE CORTES TANGENCIAIS REALIZADO UTILIZADO NO ESTUDO DE FERREIRA *ET AL.* (2004)
 FONTE: Ferreira *et al.* (2004)

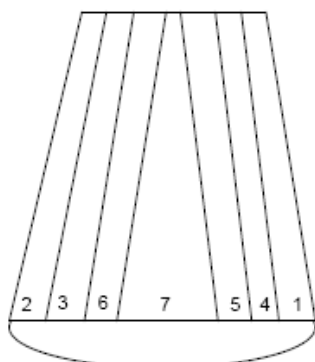


FIGURA 10 - MODELO DE CORTE UTILIZADO POR FERREIRA *ET AL.* (2004)
 FONTE: Ferreira *et al.* (2004)

Ferreira *et al.* (2004) não perceberam diferenças significativas para os defeitos de arqueamento e encurvamento para as três formas de desdobro; no entanto, salientam que o índice de rachadura dos topos das tábuas foi menor quando foram realizados cortes paralelos à casca. O motivo que leva à menor formação dos defeitos encontra-se nas observações de Rocha (2000), Rocha e Tomaselli (2002) e Calonego e Severo (2005). Os autores afirmam que os cortes tangenciais consecutivos paralelos à casca geram um efeito de empenamento na peça. A parte da tora que permanece fixada ao carro porta-tora terá uma tendência a acumular tensões de forma tal que essas manifestam-se em maior intensidade nesse tipo de desdobro. Ao utilizar cortes simultâneos, as tensões são amenizadas de forma equivalente em ambos os lados da tora, como mostra a Figura 11; assim os efeitos das tensões são mitigados.

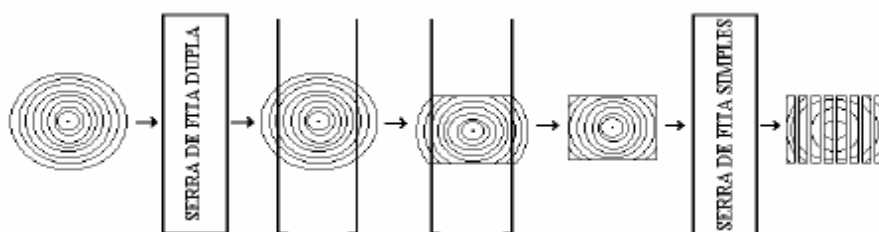


FIGURA 11 - DESDOBRIO TANGENCIAL QUE RETIRA PEÇAS EM CORTES SIMULTÂNEOS
FONTE: Calonego e Severo (2005)

Garcia (1995) afirmou que cortes tangenciais sucessivos, efetuados com serras de fita simples, não são, do ponto de vista prático, indicados para a produção de madeira serrada de espécies que tenham elevadas tensões de crescimento, como é o caso do *Eucalyptus*. Após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente se deforma por flexão, pela adaptação à nova distribuição residual de forças presentes na madeira, implicando a perda de uniformidade de espessura da próxima peça a ser serrada. Para se resguardar a qualidade da madeira de *Eucalyptus*, algumas empresas preconizam, a cada giro da tora, a retirada de, no máximo, duas tábuas por cada face de corte, quando se utilizam toras de maior diâmetro; recomendam, ainda, a retirada de apenas uma tábua por cada face de corte em toras de menor diâmetro, exceto se a tora apresentar um arqueamento acentuado. Isso pode ser explicado em função da elevada tensão de crescimento, usualmente presente nesta espécie. Ao girar a tora, as tensões seriam liberadas de forma balanceada, resultando em produtos de melhor valor de mercado, por apresentarem

menos rachaduras. A automação da serraria pode facilitar a operação de desdobro com a rotação da tora no momento do corte.

3.4.2 Sistema de Desdobro Radial

A técnica de cortes radiais consiste na execução de cortes para a retirada de peças paralelas aos raios (Rocha, 2000). Del Menezzi e Nahuz (1998) comentam que as tábuas orientadas neste sentido têm desenhos agradáveis formados pela interação da grã e os planos de corte. A menor contração dessas tábuas no sentido da largura proporciona menor encanoamento e fendilhamento. As observações de Rocha e Trugilho (2006) explicam que nesse sistema ocorre menor tendência a esses defeitos. O mesmo pode ser encontrado no trabalho de Rocha e Tomaselli (2002) encontrando rachaduras somente no desdobro tangencial e valores de empenamento superiores nesse sistema.

Acosta (1995) comenta um sistema de desdobro, usado em *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, *E. globulus* e *E. viminalis*, baseado em serras circulares. O engenho principal formado por uma serra circular geminada, e logo após, a peça resultante passa em serras circulares múltiplas de um ou dois eixos em função da altura de corte da peça, obtendo diretamente as tábuas. As costaneiras são desdobradas em serras-fita ou circulares de aproveitamento. O autor indica que esse sistema é preferido por produzir peças radiais de toras de grandes diâmetros, pois as peças retiradas dessa forma não têm grandes larguras.

No trabalho de Mendoza (1995) há uma ilustração clara de um sistema de desdobro para toras de *Eucalyptus* que privilegia a retirada de tábuas radiais com o auxílio de serras circulares (Figura 12).

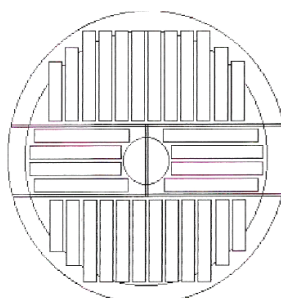


FIGURA 12 - DESDOBRIO BASEADO EM SERRAS CIRCULARES PARA A RETIRADA DE PEÇAS RADIAIS

FONTE: Mendoza (1995)

Apesar de inúmeros autores recomendarem a utilização de cortes radiais para a redução de defeitos, Galvão (1976), Del Menezzi e Nauhz (1998), Rocha (2000), Rocha e Tomaselli (2002) e Rocha e Trugilho (2006) demonstram que, na prática isso nem sempre é possível. Quando se utiliza essa técnica o resultado são peças de menores larguras, pois os diâmetros das toras ficam próximos a 40 cm. Pandey *et al.* (1984), cortando radialmente toras de 80 cm em quadrantes, conforme pode ser visto na Figura 13, afirmam ter encontrado peças significativamente mais estreitas que as obtidas em desdobros tangenciais. No entanto, recomendaram esse tipo de desdobro devido à superioridade na qualidade das tábuas.

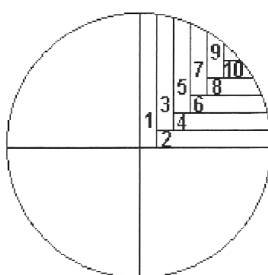


FIGURA 13 - DESDOBRO PARA TORAS ACIMA DE 80 CM OBJETIVANDO A RETIRADA DE PEÇAS RADIAIS
 FONTE: Pandey *et al.* (1984)

3.4.3 Efeito da Orientação do Corte Sobre a Qualidade da Madeira Serrada

Segundo Acosta (1995), toras de *E. grandis*, com diâmetro médio entre 25 e 30 cm e comprimento máximo de 3,5 a 4,5 m, devem receber o primeiro corte em uma serra de fita dupla para a retirada de duas costaneiras simultaneamente. Tal sistema de corte promove a liberação por igual das tensões de crescimento. Após, então, o bloco central, com no mínimo 67% do diâmetro da tora, passa por serras de fita ou circulares múltiplas.

Garcia (1995) salienta que, no caso da peça que pode ser obtida por um corte duplo seguido de um corte múltiplo, se observa que o encanoamento diminui e a flecha do encurvamento tende a aumentar com o aumento da distância da peça em relação à medula. O autor afirma que tal peça, em razão da sua menor inércia, pode ser retificada na secagem mediante a aplicação de cargas transversais, mas, nesse caso, guardará tensões residuais que poderão manifestar-se por ocasião de cortes longitudinais posteriores. Recomenda, então, que suas dimensões sejam as mais próximas possíveis daquelas necessárias ao seu uso final.

Pandey *et al.* (1984) realizaram um estudo comparando o rendimento utilizando um sistema de corte que favoreceu a retirada de peças cortadas tangencialmente (figura 23) e outro radialmente. Os autores relataram de encurvamento das peças tangenciais durante a operação de desdobro. Explicaram o encurvamento devido a tendência do centro da tora estar sujeito a compressão em alongar-se e as partes periféricas submetidas a tração em encurtar-se. Como resultado perceberam também rachaduras acentuadas, atribuídas ao desequilíbrio de forças atuantes sobre a madeira. Apesar disso os autores concluíram que esse tipo de corte privilegia as larguras das peças serradas, dando maior versatilidade ao material.

Já o corte radial apresentou peças serradas com rachaduras. Porém os autores ressaltaram que a técnica é inviável em toras inferiores a um metro de diâmetro, pois envolve quartejar da tora, o que resultaria em peças de larguras menores (Figura 14). Esta técnica resultou peças com forte tendência ao arqueamento. Finalizam dizendo que o desdobro radial resulta em uma onerosa movimentação da tora o que reduziu a produtividade.

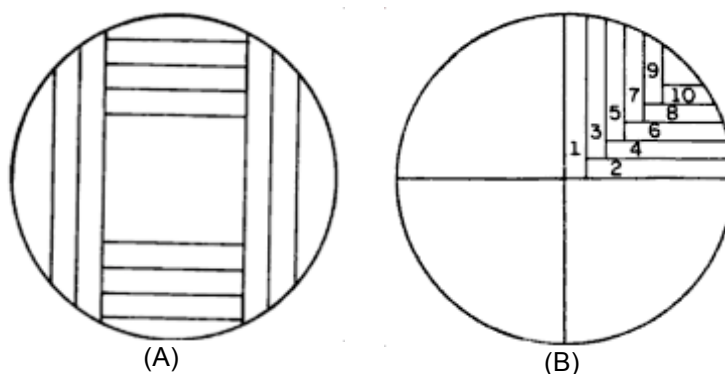


FIGURA 14 – SISTEMA DE DESDOBRO USADO POR PANDEY *ET AL.* (1984) (A) OBTEÇÃO DE PEÇAS TANGENCIAIS, (B) OBTEÇÃO DE PEÇAS RADIAIS MODELO QUARER SAW OU MODELO DE DESDOBRO QUARTEJADO
FONTE: Pandey *et al.* (1984)

Sharma *et al.* (1988) comparando um desdobro de peças tangenciais, (Figura 15) com o sistema radial de Pandey *et al.* (1983). Encontrou rendimento médio de 70,4% para o sistema tangencial contra 55,3% do desdobro em peças radiais.

Sharma *et al.* (1988) informam que ao serrar as peças tangencialmente as tensões presentes nas toras provocaram o empenamento da tábua durante o

desdobro (gerando encurvamento e arqueamento). Consequentemente, a porção de madeira fixada ao carro porta toras, tende a encurvar-se no sentido oposto. Segundo Sharma *et al.* (1988) o uso dos cortes balanceados reduziu essa tendência a empenamentos. Apoiam essa afirmação na menor variação de espessura das tábuas quando comparadas com as constatadas por Pandey *et al.* (1983). Sharma *et al.* (1989) também informam que usando o desdobro tangencial balanceado, a porção central da tora torna-se crítica e tende a apresentar rachaduras.

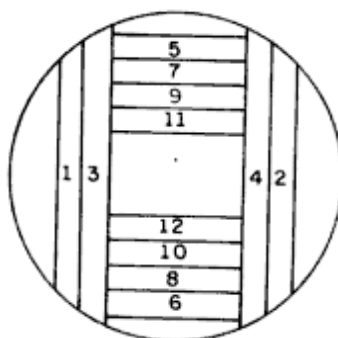


FIGURA 15 - MODELO DE CORTE UTILIZADO POR SHARMA *ET AL.* (1983)
FONTE: Sharma *et al.* (1988)

Del Menezzi e Nahuz (1998) citam o desdobro tangencial realizado por Ferrand (1983)¹ (Figura 16). Os autores afirmam que as peças obtidas dessa forma apresentam tendência ao encurvamento, contudo esse pode ser mitigado através do correto empilhamento da madeira. Todavia esse sistema de desdobro foi tido como oneroso do ponto de vista da execução, pois a cada novo corte era necessário girar a tora em 90° para obtenção do bloco.

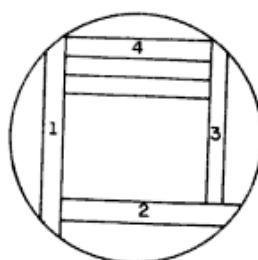


FIGURA 16 - DESDOBRO UTILIZADO POR FERRAND (1983)
FONTE: Ferrand *et al.* (1983)

¹ Ferrand, J. Ch. Les contraintes de croissance Et leurs consequences en matière de sylviculture et de sciage. **Revue Forestier e Française**, Nancy. V. 35, n. 5, 1983 p327-346.

No estudo realizado por McKimm *et al.* (1988) na Austrália, os autores utilizaram um sistema de desdobro que procurou retirar o mesmo numero de peças orientadas tangencialmente quanto radialmente, (Figura 17). Os autores desdobraram toras de *E. nitrens* de 42 cm de diâmetro, não foram capazes de diferenciar estatisticamente o efeito da orientação da madeira.

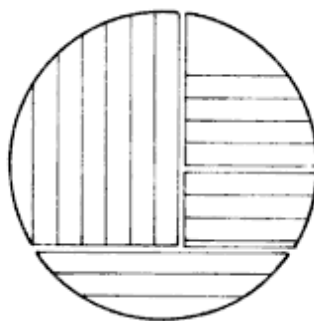


FIGURA 17 - MODELO DE CORTE UTILIZADO POR MCKIMM *ET AL.* (1988)
FONTE: McKimm *et al.* (1988)

No Brasil um dos importantes trabalhos na comparação dos sistemas de desdobro para *Eucalyptus* foi realizado por Rocha (2000). O autor comparou dois sistemas, um que obtinha peças serradas orientadas radialmente e outro que confeccionava peças serradas orientadas tangencialmente aos anéis de crescimento. (Figura 18 e Figura 19).

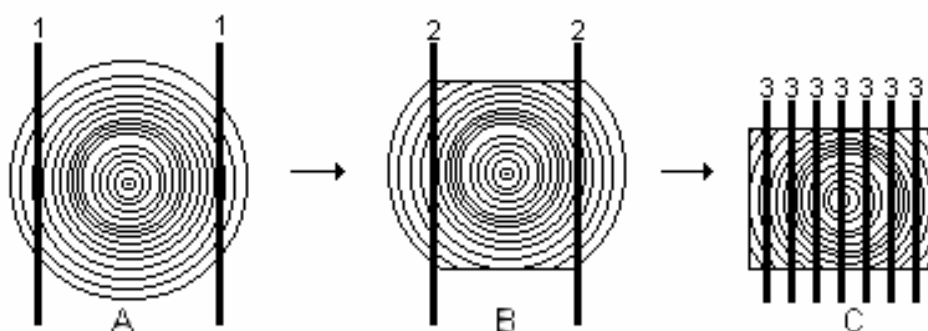


FIGURA 18 - SISTEMA DE DESDOBRIO UTILIZADO POR ROCHA (2000) PARA OBTENÇÃO DE PEÇAS SERRADAS DE ORIENTAÇÃO TENGENCIAL. UTILIZANDO PERFILADORES PICADORES (A E B) E SERRA CIRCULAR DE DOIS EIXOS (C)
FONTE: Rocha (2000)

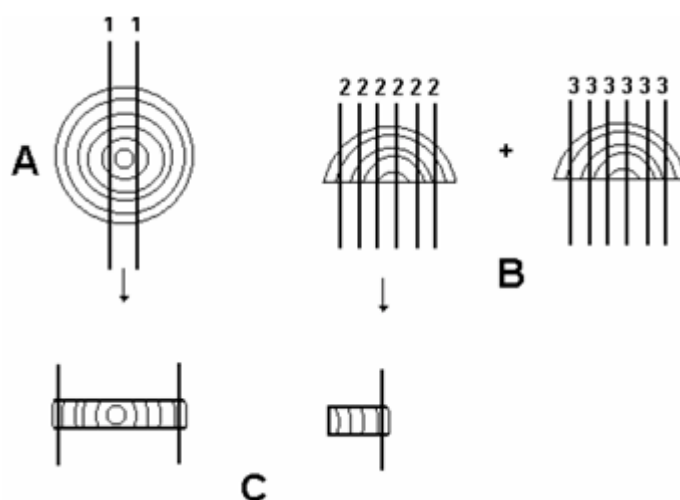


FIGURA 19 - SISTEMA DE DESDOBRIO UTILIZADO POR ROCHA (2000) PARA OBTENÇÃO DE PEÇAS SERRADAS ORIENTADAS RADIAMENTE, USANDO SERRA FITA TANDEM (A), SERRA CIRCULAR DE UM EIXO (B) E REFILEADEIRA SIMPLES (C).
 FONTE: Rocha (2000)

Posteriormente, Rocha e Tomaselli (2001) estudaram o efeito do modelo de desdobro sobre a qualidade da madeira serrada de *E. dunnii* e *E. grandis*. As conclusões dos autores indicam que as tábuas de orientação das peças serradas influencia diretamente a qualidade do material serrado. Os autores notaram que no desdobro tangencial as peças serradas tinham maior tendência a rachaduras. Mais de 93% das tábuas nesta orientação apresentaram o defeito, contra apenas 40,44% das peças orientadas radialmente. O encanoamento só apareceu nas peças cortadas tangencialmente. Já a orientação radial das peças favoreceu o encurvamento. O índice de encurvamento foi de 2,26 mm/m para o desdobro tangencial e de 3,79 mm/m para o radial. O desdobro radial apresentou índice de arqueamento de 4,8 mm/m e apenas 0,23 mm/m no desdobro tangencial.

Rocha e Tomaselli (2002) investigaram as dimensões das peças serradas resultantes de modelos de desdobro radial e tangencial em *E. dunnii* e *E. grandis*. Os autores obtiveram como resultados tábuas de maiores dimensões quando desdobraram as toras em cortes tangenciais, e a espessura foi em média 1 mm maior no desdobro radial. Os autores ainda comentam, na discussão dos seus resultados, que os modelos de corte foram influenciados pelos tipos de equipamentos e pelos ajustes realizados durante as operações de desdobro. Como conclusão apontaram o modelo de obtenção de peças serradas tangenciais como mais vantajoso, pois as peças serradas apresentaram maiores dimensões finais.

Rocha e Trugilho (2006) examinaram a qualidade da madeira serrada de *E. dunnii* em dois métodos de desdobro. Os autores verificaram que as peças tangenciais apresentaram maiores larguras quando comparados as peças serradas radialmente. Os resultados dos defeitos indicaram menores arqueamentos nas tábuas tangenciais (0,04 mm/m) e se compara com as radiais (8,50 mm/m). Os autores constataram comportamento oposto para o encurvamento, 6,68 mm/m para peças tangenciais e 4,90 mm/m para tábuas radiais. Rocha e Trugilho (2006) argumentam que durante a execução do modelo tangencial, a retirada simultânea de duas costaneiras provocou um forte encurvamento nas peças. Já o semi-bloco resultante quando processado em serra circular originou peças praticamente sem arqueamentos. No modelo de corte radial o semi-bloco resultante da retirada das costaneiras foi serrado na região da medula resultando em pranchões altamente encurvados, que posteriormente foram processados em serra circular múltipla originando peças arqueadas.

Rocha & Trugilio (2006) indicam que no sistema de corte tangencial, usando *E. dunnii* as rachaduras foram maiores bem como o encanoamento que teve seus efeitos potencializados por ocasião da secagem.

A técnica de cortes radiais proporcionou menor contração, menor encanoamento e fendilhamento, (Rocha e Trugilio, 2006). O mesmo pode ser encontrado no trabalho de Rocha e Tomaselli (2002) que trabalharam com *E. grandis* e *E. dunnii* encontrando rachaduras acentuadas no desdobro tangencial e valores de empenamento superiores nesse sistema.

Nos cortes tangenciais, sequenciados ou alternados (CTB), foi desenvolvida uma técnica para reduzir as distorções quanto ao desbitolamento em função dos empenamentos que ocorrem nas tábuas obtidas e no bloco remanescente. Tal técnica consiste na utilização de uma régua guia (*fine bar*).

Waugh (1998) comenta um sistema que utiliza uma a régua guia com 6 m de comprimento colocada à frente do carro porta toras, em paralelo com a serra. Desta forma o operador pode controlar de forma mais precisa a bitola. O uso da régua permite um controle apurado das dimensões reduzindo o problema do desbitolamento.

Outra forma de se reduzir os defeitos na madeira serrada de *Eucalyptus* é o desdobro do tipo SSR - serra, seca, reserra, o qual foi desenvolvido pelo *Forest Products Laboratory* com o intuito de se reduzir os empenamentos. Este método

consiste em processar as toras em cortes paralelos e simultâneos, onde são obtidas pranchas de espessuras maiores, que serão secas e posteriormente resserradas nas dimensões finais desejadas.

Del Menezzi (1999) testando o método SSR em toras de *E. grandis* e *E. cloeziana*, concluiu que tal método promoveu uma redução pronunciada para as duas espécies na frequência do arqueamento e do encurvamento e do empenamento duplo (arqueamento + encurvamento), sendo de maneira mais pronunciada a redução no arqueamento. Desta forma, o autor recomenda a utilização deste método de desdobro para ambas as espécies. Como vantagens desse método, o autor indica que o empenamento pode ser reduzido pelo correto empilhamento das pranchas e o arqueamento é drasticamente reduzido pela sobremedida das peças.

3.4.4 Rendimentos em madeira serrada de diferentes sistemas de desdobro

O aprimoramento de técnicas de desdobro, aliado ao uso adequado de técnicas de secagem da madeira, é de fundamental importância para a obtenção de um melhor rendimento das espécies de rápido crescimento e que possuem acentuados níveis de tensões de crescimento.

O rendimento em madeira serrada é o parâmetro mais importante para qualquer sistema de desdobro, pois independente da forma com que a tora é seccionada, ao empreendimento industrial importam a viabilidade econômica da atividade, juntamente com a qualidade dos produtos produzidos. Para Souza *et al.* (2007) o rendimento em madeira serrada é determinado pelo cálculo da somatória do volume das peças serradas pelo volume de madeira roliça que entrou na serraria. Os autores alertam que a determinação desse valor demanda muita mão-de-obra, e complementam dizer que esse parâmetro da serraria deve ser observado constantemente a fim que a empresa possa cumprir seus contratos de compra e venda de madeira.

Para Rocha (2002) o rendimento em madeira serrada é influenciado pelas técnicas de desdobro, pelas máquinas utilizadas e até pelo nível de treinamento e as decisões dos operadores.

A qualidade e rendimento de uma serraria dependem, entre outros fatores, da eficiência da serra empregada no desdobro das toras (SANDVIK, 1999). Redução

na espessura da lâmina de serra e, principalmente, aumento na precisão de corte são metas importantes a serem consideradas quando se pretende aumentar a produção por metro cúbico de toras desdobradas, além de melhorar a qualidade da madeira serrada.

Segundo Néri *et al.* (2005), o rendimento de madeira serrada pode ser afetado pela interação dos vários fatores relacionados à madeira, ao maquinário de corte e ao processo, os quais, não devem ser analisados isoladamente. Diversas técnicas são apresentadas por vários pesquisadores visando o aumento do rendimento da madeira serrada. Enumeram-se vários parâmetros, tais como a seleção de toras por classes diamétricas, tratamento otimizado de toras, aplicativos computacionais de otimização no sistema de desdobro, feixes de laser para refilo e adequação do *layout*.

Neste contexto, o maquinário de corte desempenha um papel fundamental e tem contribuição significativa no rendimento da madeira serrada. O estudo de parâmetros que afetam o rendimento da madeira serrada é de extrema importância não só para aumento do rendimento, mas também para o uso racional de madeira que vem tornando-se cada vez mais escassa.

Biasi e Rocha (2003), em seus estudos, constata que a variedade de classes diamétricas de matéria-prima existentes no estoque deverá atender a variadas demandas de mercado. A aquisição de toras em estéreos deve ter classificação no carregamento e diferenciação de preço por classe diamétricas. A amplitude das classes diamétricas deve ser reduzida. É necessária uma reavaliação dos modelos de corte, a fim de adequá-las a classes diamétricas com menores amplitudes. O modelo de corte utilizado para o lote com toras de maiores diâmetros deve ser reavaliado, a fim de se obter melhor rendimento.

Ponce (1993) observa que a qualidade da madeira pode ser avaliada de duas maneiras: primeira, pelas suas características naturais (como propriedades físicas), e a segunda, pela precisão de suas dimensões. A variação dimensional é uma das causas que dificultam a comercialização e consequente baixa competitividade da indústria madeireira brasileira. Eleotério *et al.* (1996), comentam que a variação dimensional das peças serradas influi significativamente no rendimento. Serrarias com maior variação têm rendimentos menores, isto porque, quanto maiores essas variações, maiores devem ser os acréscimos nas medidas das peças serradas. A variação mais crítica para o rendimento é a espessura, porém

a utilização de equipamentos sem vibrações, como os de serras delgadas, possibilita um bom rendimento.

Ponce (1992) salienta que as guias são peças fundamentais na precisão das serras de fita e serras circulares. Há um compromisso predominante em reduzir-se a variação do processo, pois, controlar deste é o caminho para assegurar a qualidade do produto.

Souza *et al.* (2007) realizando a modelagem do rendimento de toras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* perceberam que as variáveis que tinham maior influência sobre a equações que estimam o rendimento em madeira serrada eram os diâmetros da extremidade da tora.

Vidaurre, *et al.* (2008) estudando a geometria da ferramenta de corte sobre a qualidade das tábuas de *E. grandis* e *E. urophylla* percebeu que ao variar o ângulo de ataque de 26 para 27°, as peças serradas resultantes apresentavam espessuras mais constantes. Os autores afirmaram que espessuras de corte constantes impactaram diretamente no rendimento em madeira serrada devido a menor formação de resíduo. Segundo os autores uma das dificuldades na produção de madeira serrada de *Eucalyptus* está na manutenção das dimensões, principalmente a espessura final da peça serrada. Sendo as serrarias que processam madeiras com maior variação dimensional da espessura as que obtêm menores rendimentos.

3.5 TENSÕES DE CRESCIMENTO

Grande parte dos defeitos encontrados na madeira serrada de *Eucalyptus* é oriunda das tensões de crescimento. É quase unânime entre os pesquisadores a opinião de que esta é a origem dos principais defeitos encontrados neste gênero. Para melhor compreender esse fenômeno, o tema foi dividido em: origem das tensões e deformações causadas pelas tensões.

3.5.1 Origem das Tensões de Crescimento

Um importante trabalho sobre o assunto foi feito por Lisboa (1993), que para embasar seu estudo, pesquisou as origens das tensões e o contexto histórico dos estudos até então realizados e as principais teorias existentes. Concluiu que as tensões de crescimento são geradas a cada nova camada de células formada,

atuando longitudinal e transversalmente em gradiente variável, a partir de uma tração nas proximidades da casca e uma compressão na região da medula.

Em relação ao contexto histórico, Lisboa (1993) relata que um estudo feito em 1928 foi a primeira tentativa de explicar as tensões de crescimento, relacionando com o peso da própria árvore. Em 1933, surgiram novas hipóteses, que derrubaram a teoria do peso da árvore. A primeira hipótese refere-se que o crescimento em circunferência origina forças periféricas de tração. Outras hipóteses da época referem-se à rigidez celular causada pelo envelhecimento do tecido da parede celular. Mas foram derrubadas em 1945, quando surgiu a teoria de que a tensão de crescimento era gerada pelas forças capilares. “Num tubo capilar são geradas forças de tração no sentido longitudinal e compressão no radial”. Próximo à medula se concentrariam as forças de compressão, e externamente estariam as forças de tração. Em 1950, essa teoria foi confrontada com o principal argumento de que as pressões capilares não seriam suficientes para gerar essas deformações. Então surgiu uma nova teoria, que é a mais aceita atualmente, a de que existe uma tendência das células periféricas submetidas a tração quando a planta está em pé, tendem a diminuir de comprimento no momento do abate da planta, aumentando progressivamente nas seções transversais. Já os tecidos das porções centrais submetidos a compressão enquanto a árvore está em pé tendem a encurtar-se quando o tronco é seccionado. Em 1965 e 1979, foram feitas descrições detalhadas dos processos de encurtamento da célula e aumento do diâmetro e espessamento das paredes.

As teorias tiveram um maior impulso com os avanços da microscopia eletrônica, e foram constantemente reformuladas e revistas nas décadas de 1970, 80 e 90. Não há um consenso totalmente aceito sobre a origem das tensões. As conclusões apresentadas na revisão feita por Lisboa (1993) concordam que as tensões são originadas nas deposições sucessivas de células nas partes externas da árvore, gerando forças que se acumulam, exigindo esforços de tração periféricos e de compressão na região central. São muito discutidos os efeitos ocorridos ao longo do tronco, já que diferem com a altura e no sentido transversal. O autor ressalta que o conhecimento detalhado sobre o controle das tensões pode representar o avanço definitivo para contornar os defeitos que esse fenômeno causa na madeira serrada. Neste mesmo sentido, Vázquez (2001) afirma que o

conhecimento sobre as tensões de crescimento determina a viabilidade técnica da utilização da espécie como madeira serrada.

3.5.2 Consequências das Tensões de Crescimento

Os efeitos causados pelas tensões no lenho da árvore podem ser facilmente destacáveis ou sutis. As alterações causadas só terão maior interesse quando causarem prejuízo econômico (LIMA *et al.*, 2004).

O mecanismo que gera os defeitos na madeira a partir das tensões de crescimento é explicado na metodologia empregada por Lisboa (1993). A madeira submetida a esforços de tração tende a comprimir-se quando a árvore é derrubada, enquanto que a madeira de compressão se alonga. Isso também é encontrado em Boyd (1950, partes I a II) e em Nicholson (1971), os autores verificaram que as tábuas alteravam a sua forma conforme a posição em que foram retiradas do tronco.

Um defeito comum, e dos mais prejudiciais, é a existência de rachaduras em forma de estrela no centro das toras. O mecanismo dessas é descrito em Dinwoodie (1966), que fundamentou o mecanismo das rachaduras nas diferenças entre as forças internas da tora sobre os diferentes tecidos lenhosos. Nicholson e Hillis (1975) relacionam a formação de rachaduras com a fragilidade do núcleo central sujeito à compressão. Os autores verificaram diferenças entre árvores e sugeriram que essa variação está ligada a fatores anatômicos e ambientais.

Na revisão de Telles dos Santos (2002), constam comentários de que as rachaduras nos topos têm relação com a proporção de madeira jovem. O autor afirma ainda, que a quantidade de madeira jovem pode ser manipulada geneticamente, mas não há referências sobre os parâmetros a serem selecionados para esse fim. Acrescenta que existem variações no padrão de distribuição das tensões dentro das árvores. As variações parecem estar ligadas às necessidades de suporte da árvore. Essa hipótese, encontrada também em Lisboa (1993) e em Nicholson e Hillis (1975), é fundamentada na madeira de reação, formada quando a planta é submetida a esforços que alteram o padrão das tensões.

Entre diferentes árvores, Nicholson e Hillis (1975) verificaram a variação independente para taxa de crescimento e fatores ambientais, concordando com os dados de Garcia (2005), que explorou as diferenças entre idades e densidades de populações de *E. urophylla*. Citando o estudo realizado por Nicholson (1973), o autor

afirma que em *E. regnans* foi encontrada uma correlação fraca e negativa entre a densidade e a intensidade das tensões, considerando então razoável acreditar que as tensões sofrem algum controle genético.

Chafe (1979) afirma que a variação das tensões de crescimento em *E. nitens* pode apresentar diferenças, a tal ponto que um indivíduo poderia não desenvolver qualquer fendilhamento, enquanto outro pode rachar de forma explosiva. Afirmção semelhante é encontrada em Telles dos Santos (2002) e Malan (1998) para *E. grandis*.

Quanto ao surgimento das rachaduras, existem controvérsias. Malan (1998) afirmou que para *E. grandis* as rachaduras podem surgir imediatamente ou aparecer até três dias após a derrubada. Hillis (1984) afirmou que após sete dias ainda poderiam surgir rachaduras. Bariska (1990) observou rachaduras surgidas em *E. dunnii* que se manifestaram cinco dias após a derrubada. Gracia (1995) e Telles dos Santos (2002) alertam que as rachaduras de topo em toras podem facilmente ser acentuadas pelos efeitos da perda de umidade. Os autores mostram que o surgimento das rachaduras nas toras tem origem nas tensões de crescimento, no entanto a expressão dessas rachaduras é potencializada pela perda de umidade dos tecidos. A compressão gerada pela perda de água nos tecidos periféricos é somada ao efeito das tensões de crescimento.

Pode-se afirmar, portanto, que as tensões de crescimento podem gerar rachaduras em toras e nas tábuas por ocasião do desdobro, podendo essas também apresentar arqueamento, encurvamento e torcimento, em diferentes níveis de intensidade. Os últimos são defeitos que podem ser confundidos, mascarados ou agravados pelos defeitos de secagem ou tratamentos realizados durante o processamento da madeira.

3.5.3 Influência do Componente Genético Sobre as Tensões de Crescimento

Malan (1984) demonstrou que as tensões de crescimento em *E. grandis* apresentavam variação genética muito nítida entre progênies.

O trabalho de Fernandes (1982), um dos primeiros realizados no Brasil sobre o tema, avaliou as progênies de *E. urophylla* relacionando as tensões de crescimento com a densidade; porém, não determinou correlações entre elas. Em sua revisão são encontradas referências sobre estudos realizados com *E. grandis* na

África, revelando que a relação entre tensões de crescimento e as rachaduras de topo. Já estudos com o *E. saligna* correlações entre a densidade e as rachaduras.

Malan (1998) estudou as variações genéticas da densidade, volume, dimensões dos vários tipos de tecidos, frequência dos vasos, comprimento das fibras e tensões de crescimento. Encontrou estimativas de herdabilidade de 0,3 a 0,54, e correlações negativas entre taxa de crescimento e densidade. Para o comprimento da fibra e diâmetro do vaso os valores de herdabilidade foram 0,62 e 0,51, respectivamente. À vista destes valores, o autor refuta a possibilidade real de manipular geneticamente essas características.

Teles dos Santos (2002) encontrou valores de herdabilidade entre 0,31 e 0,61, concordando com Malan (1998) sobre a possibilidade de melhoramento dessas características. Afirma ter encontrado correlação positiva entre massa específica e encurvamento, massa específica e rachaduras da tora, e correlação negativa entre volume da tora e rachaduras.

Moraes *et al.* (1997) encontraram correlação negativa entre DAP e densidade básica em *E. camaldulensis*. Trugilho *et al.* (2002), estudando correlações entre IR e DRL, em árvores de diferentes idades, notaram tendência de maior rachaduras em plantas jovens.

Telles dos Santos (2002) encontrou correlações negativas entre defeitos e crescimento, e DAP e densidade básica em plantas de rotação curta. Para Oliveira *et al.* (1997), a madeira juvenil é de qualidade inferior à madeira adulta por apresentar densidade menor, células com paredes mais delgadas e menor resistência mecânica, estão mais sujeitas a defeitos.

O rápido crescimento em rotações curtas propicia o máximo tamanho do núcleo de madeira juvenil, o que causaria um efeito negativo sobre as propriedades da madeira, principalmente no que tange ao surgimento de rachaduras no topo (CRUZ *et al.*, 2003). Scanavaca Jr. e Garcia (2003), sugerem que as rachaduras de topo diminuem consideravelmente nas madeiras em rotações mais longas, indicando que as rotações para a utilização de madeira sólida de *Eucalyptus* estariam em torno de 20 anos.

Telles dos Santos (2002) cita trabalhos que consideram possível a manipulação dos fatores que determinam a transição entre o lenho juvenil e adulto. Segundo Malan (1998), sabe-se pouco a respeito dos fatores ambientais e genéticos que afetam os padrões de variação dentro das árvores e entre árvores. O autor

comenta a necessidade de se desenvolver um entendimento mais completo dos fatores que determinam a variabilidade da madeira, e que, somente quando esses pudessem ser conhecidos e precisamente quantificados, existiria uma base sólida para desenvolver os programas de melhoramento.

Um dos trabalhos que estudou estratégias de melhoramento genético para *E. benthamii*, foi realizado por Silva (2008). A autora encontrou diferenças entre as progênes estudadas, e calculou que as rachaduras e o arqueamento sofreram menor influencia do genótipo que o encurvamento. A autora conclui dizendo que essa última característica pode ser utilizada em programas de melhoramento visando a melhoria da qualidade da madeira serrada.

3.6 DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)

A DRL é usada como fonte de informação constante nos estudos sobre o comportamento da madeira, preconizados por Nicholson (1971) como um método indireto de estimar as tensões de crescimento presentes em toras e árvores vivas. Esse método foi desenvolvido com base nas observações de Jacobs¹ (1938a), (1939b), e (1945)c e Boyd² (1950 Partes I a II). Desenvolvido por Nicholson (1971), que têm como princípio básico a teoria de que uma peça que possui tensões sofrerá uma deformação proporcional a este estado de tensão.

Dessa forma, Nicholson (1971) utilizou aparelho para medir as deformações em peças ou toras. Contudo, trabalhos de Malan (1998) demonstraram que a metodologia desenvolvida por Nicholson (1971) não foi prontamente adotada, pois inicialmente ele propunha a retirada de uma parte da peça, e as deformações eram mensuradas a partir de três furos feitos sobre essas seções.

O método foi então modificado por Guéneau e Kikata³ (1973), citados em Lisboa (1993), que propuseram utilizar um extensômetro fixado a uma peça de madeira. O sensor percebe a deformação sofrida entre dois pinos no momento em

² Boyd, J. D. 1950, **Tree Growth Stress. I. Growth Stress Evaluation**. Aust. J. Sei. Res. 3 270-293p

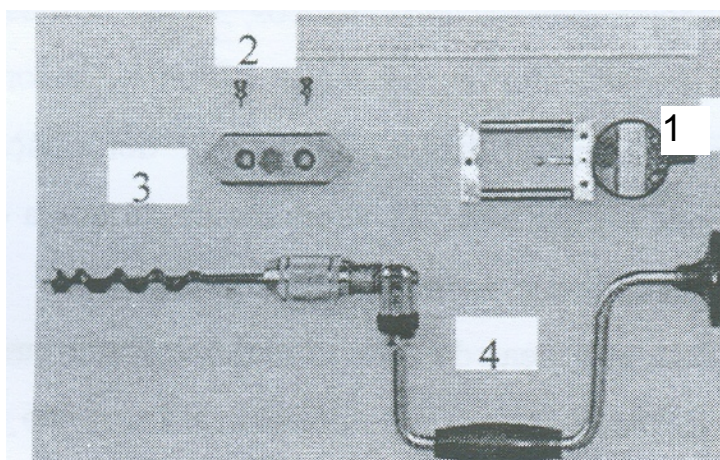
Boyd, J. D. 1950, **Tree Growth Stress. II. The development of shakes and other visual failures in timber**. Aust. J. Sei. Res. 1 296-312p

Boyd, J. D. 1950, **Tree Growth Stress. III. The Origin Growth Stresses**. Aust. J. Sei. Res. 3 294-309p

³Gueneau, P. e Kikata, Y. (1973) **Constaintes de croissance**. *Bois et Forêts des Tropicques* 49:21-30p.

que esses são separados por um orifício (Figura 20). Essa prática gerou a denominação de método do orifício único, também conhecido como método Cirad-Forêt, em função do local de seu desenvolvimento. Segundo Archer (1986), esse método é relativamente simples e de execução rápida e somente destrutivo localmente, podendo ainda ser aplicado na árvore em pé. O método inicial proposto por Nicholson (1971) previa dez pontos de medida, com a retirada de pequenas seções do fuste.

Os autores que lançaram mão dessa técnica do orifício único ressaltam a facilidade de seu uso. Lima *et al.* (2004) resume a facilidade do método. Os autores expõem que o método é de simples execução e que dá resultados confiáveis. Munier *et al.* (1999), Souza (2002), Trugilho *et al.* (2002)a, Trugilho *et al.* (2002)b. Cardoso Jr (2004) (Figura 20) e Pádua (2004) afirmam que as vantagens do uso do extensômetro e medição da DRL, são sua facilidade de uso, repetibilidade e o pequeno dano causado nas peças.



1. extensômetro, 2 pinos, 3 gabarito para colocação do extensômetro, 4 perfuradora manual
FIGURA 20 - APARATO UTILIZADO PARA A MEDIÇÃO DA DRL
FONTE: Pádua (2004)

Os autores, Cardoso Jr (2004) e Pádua (2004), afirmam que esse método pode ser utilizado na comparação entre plantas ou entre posições dentro da mesma planta. Ele facilita o acompanhamento de alterações nas tensões que possam ocorrer devido às intervenções nos plantios. Além disso, possibilita a seleção de plantas, visando ganhos genéticos e utilização de materiais superiores. Lopez (2005) ressalta as mesmas observações de Lima *et al.* (2004), acrescentando que são

relações entre a DRL e demais características do vegetal importantes qualificadores para a seleção de indivíduos na produção de serrados.

A utilização do aparelho é mais bem descrita por Munier *et al.* (1999), que preconiza algumas etapas (Figura 21). O sensor de mensuração é instalado num corte chamado janela, feito na casca da planta. A janela possui dimensões de 20 cm de altura e 10 cm de largura. Expostos os tecidos do xilema, identifica-se a orientação da grã, e então são colocados dois pinos afastados 45 mm. A orientação desses pinos é coincidente com a orientação da grã. Preso a um gabarito metálico, o extensômetro é colocado apoiado nos pinos. Procedese o ensaio perfurando um orifício entre os pinos. Devido à presença de forças de tensão no interior do xilema, o afastamento dos pinos é medido em milímetros pelo sensor, que possui precisão de 0,001 mm. As medidas são tomadas em quatro pontos do fuste, garantindo que se obtenha um valor médio da árvore. Essas etapas podem ser vistas na sequência da Figura 21.

1 - Abertura da janela e medição do ângulo da grã



2 - Posicionamento do gabarito



3 - fixação dos pinos



4 - Preparação do extensômetro



5 - Abertura do orifício



6 - Leitura da DRL



FIGURA 21 - ETAPAS DA MENSURAÇÃO DA DRL DESCRITAS POR CARDOSO JR (2004)
FONTE: Cardoso Jr (2004)

Variação da DRL

Trugilho *et al.* (2002) relacionaram a DRL de 16 clones de diferentes idades. Verificaram a relação entre a DRL com a idade, formulando a hipótese de que a DRL poderia ser utilizada como fonte de seleção precoce de plantas, devido a uma tendência do acréscimo das tensões com o aumento da idade dos plantios. Afirmção similar é feita por Cardoso Jr (2004), que relacionou um grupo de três clones, em três idades diferentes (84, 96, 156 meses) encontrando diferenças significativas na DRL para as três idades. O autor foi capaz de afirmar que essa característica está sob forte influência genética. Pádua (2004) averiguou, através de seus dados, uma interação entre clones e idades quando estudou a relação entre DRL e idade, com plantas de 49, 92, e 104 meses, utilizando 52, 40, e 46 clones de *Eucalyptus* sp., respectivamente. Obteve resultados estatisticamente significantes e vislumbrou diferenças entre as DRLs nas distintas idades. Como Cardoso Jr (2004), Pádua (2004) verificou que as diferenças entre clones se acentuavam com a idade.

Nos estudos de Munier *et al.* (2000) os resultados indicaram variação (coeficiente de variação - CV% entre 10 e 91%) nos valores amostrados de DRL, medidos em quatro posições no tronco (norte, sul, leste e oeste). Afirmam no entanto, os autores, não haver diferenças estatísticas entre esses pontos. Em plantios de 4 anos, as maiores DRL foram encontradas na posição norte, enquanto que nas plantas de 10 anos a posição oeste apresentou essa característica. Esses valores são confirmados por Trugilho *et al.* (2002), que encontraram uma variação de 20 a 89% em que a posição sul encerrou maiores tensões e indicaram que a presença de ventos predominantes pode influenciar a tensão predominante. Lima *et al.* (2004) encontraram na posição norte o ponto de maior tensão, com coeficiente de variação oscilando entre 13 e 80%. Lopez (2005) não indica que ponto cardinal apresentou maiores tensões, porém relata que o CV% das DRL de *E. grandis* estudadas por ele estão entre 5 e 89%.

Lima *et al.* (2004), considerando que o coeficiente de variação para DRL entre plantas raramente superou 50%, apontando cinco das suas 20 árvores como responsáveis por essa variação. Cardoso Jr *et al.* (2004), observaram valores maiores de DRL nas posições oeste e leste.

Evidências encontradas na literatura apontam que a origem do material genético influenciam o comportamento da DRL. Lima (2001), Pádua *et al.* (2004), Cardoso Jr. (2004), Trugilho (2005), e Beltrame (2012) perceberam diferenças entre os valores de DRL para materiais de diferentes origens clonais.

As evidências indicam que a DRL sobre influencia da idade, da origem do material genético e do espaçamento. No Quadro 1 - Valores médios de DRL encontrados por diferentes está mostrado a sumarização de alguns valores de DRL encontrados na literatura.

Autor	Ano	Espécie	Idade (meses)	Espaç. (m)	DRL (mm)
Cardoso jr*	2004	Híbridos		3 x 2	0,085
Cardoso jr*	2004	Híbridos		6 x 2	0,087
Cardoso jr*	2004	Híbridos		6 x 3	0,081
Cardoso jr*	2004	Híbridos		6 x 4	0,083
Cardoso jr*	2004	Híbridos	84		0,078
Cardoso jr*	2004	Híbridos	96		0,085
Cardoso jr*	2004	Híbridos	156		0,077
Gonçalves	2006	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	70	3x3	0,113
Gonçalves	2006	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	166	3x3	0,158
Gonçalves	2006	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	70	6x2,5	0,136
Lima <i>et al.</i>	2004	<i>E. grandis</i>	132	3 x 3	0,058
Lima <i>et al.</i>	2004	<i>E. grandis</i>	102	3 x 3	0,073
Lima* <i>et al.</i>	2004	<i>E. grandis</i>	180	3 x 3	0,079
Lima* <i>et al.</i>	2004	<i>E. grandis</i>	180	3 x 3	0,049
Lima* <i>et al.</i>	2004	<i>E. grandis</i>	180	3 x 3	0,095
Munier <i>et al.</i>	1999	<i>E. colenziana</i>	120	3 x 3	0,071
Munier <i>et al.</i>	1999	<i>E. colenziana</i>	48	3 x 3	0,077
Nicholson	1971	<i>E. regnans</i>	360		0,031
Pádua <i>et al.</i>	2004	Híbridos <i>E. grandis</i> , <i>E. camalduleis</i>	104	10x4	0,076
Pádua <i>et al.</i>	2004	Híbridos <i>E. urophylla</i> x <i>camalduleis</i>	92	10x4	0,074
Pádua <i>et al.</i>	2004	Híbridos <i>E. tereticornis</i> x <i>E. grandis</i>	54	10x4	0,083
Pádua <i>et al.</i>	2004	Híbridos <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	49	10x4	0,069
Rodrigues <i>et al.</i>	2002	<i>Eucalyptus</i> sp.	120	10X4	0,081
Souza	2002	Híbridos	60	10 x 4	0,09
Trugilho <i>et al.</i>	2002	<i>E. dunnii</i>	56		0,107
Trugilho <i>et al.</i>	2002	<i>E. dunnii</i>	156		0,113
Trugilho <i>et al.</i>	2002	<i>E. dunnii</i>	180		0,111
Trugilho <i>et al.</i>	2002	<i>E. dunnii</i>	228		0,114
Trugilho* <i>et al.</i>	2001	Híbridos	72	10 x 4	0,09

QUADRO 1 - VALORES MÉDIOS DE DRL ENCONTRADOS POR DIFERENTES

- *Apesar dos valores de DRL estarem dentro do esperado, os autores verificaram a existência de fortes correlações entre a idade e a DRL para alguns clones.
- Valores estão citados como os colocados pelos autores nos respectivos trabalhos

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA DO MATERIAL

A madeira utilizada na pesquisa teve origem de experimentos clonais da Klabin S. A. do Paraná, no Município de Telêmaco Borba, a uma latitude 24°19'26" sul e a uma longitude 50°36'57" oeste, estando a uma altitude de 700 metros. As espécies utilizadas foram *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*.

As árvores foram plantadas em espaçamento de 2,5 m x 3,0 m, reproduzidas por estaquia e apresentavam 11,5 anos de idade. Os locais apresentavam solos e declividades semelhantes. Cada área apresentava uma quantidade diferente de indivíduos sendo a área plantada com *E. grandis* continha 468 árvores de 18 materiais genéticos diferentes, na área com *E. dunnii* haviam 388 árvores de 21 clones, e na área de *E. saligna* 295 árvores com 13 clones.

4.2 SELEÇÃO DOS INDIVÍDUOS

Foram medidos todos os diâmetro e alturas de todas as plantas que compunham as populações base. Com base nesse informação foram calculados a média de diâmetro (DAP) de cada população e o diâmetro médio por clone.

Com base nessas informações foram selecionados 75 indivíduos sendo 25 de cada espécie. A seleção dos indivíduos obedeceu dois critérios básicos o diâmetro e a origem clonal do material.

Para a seleção por diâmetros foi determinada a média da população (\bar{x}), e a partir desse valor foram selecionadas nove árvores com diâmetros iguais a média \pm uma vez e meia o desvio padrão ($1,5 \cdot \sigma$). Desse grupo foi chamado de grupo de toras médias. Árvores com diâmetros acima desse valor ($\bar{x} + 1,5 \cdot \sigma$) foram consideradas toras grossas e abaixo disso ($\bar{x} - 1,5 \cdot \sigma$) toras finas. Portanto foram selecionadas oito árvores que forma chamadas de toras finas, nove ditas toras médias e oito definidas com toras grossas totalizando 25 árvores por espécie, (Tabela 1).

TABELA 1 – CLASSES DE DIÂMETRO SELECIONADAS

Espécie	Classe diamétrica	Diâmetro Médio (cm)
<i>E. dunnii</i>	Toras finas	23,52
	Toras médias	28,93
	Toras grossas	35,33
<i>E. saligna</i>	Toras finas	22,24
	Toras médias	24,75
	Toras grossas	33,58
<i>E. grandis</i>	Toras finas	33,90
	Toras médias	35,33
	Toras grossas	39,34

Selecionados com base nos diferentes materiais genéticos, foram selecionados clones de maior e menor crescimento e os clones que estavam na média da população a fim de analisar o implicação do material genético sobre a qualidade do material serrado. Foram coletados cinco árvores de cada clones e cinco clones de cada espécie. Os clones foram numerados de uma a cinco para *E. dunnii*, seis a dez para *E. saligna* e onze a quinze para *E. grandis* (Tabela 2) .

TABELA 2 – DIÂMETROS MÉDIOS DOS CLONES SELECIONADOS

Espécie	Clone	Diâmetro médio (cm)
<i>E. dunnii</i>	1	32,72
	2	25,15
	3	33,93
	4	27,63
	5	30,18
<i>E. saligna</i>	6	23,94
	7	22,54
	8	36,42
	9	28,71
	10	26,42
<i>E. grandis</i>	11	33,68
	12	39,53
	13	34,25
	14	33,36
	15	36,21

Como critério de exclusão foram eliminados todos os clones que tinham DAP médio inferior a de 20 cm. Esse critério baseou-se no diâmetro mínimo aceito pelas serrarias da região.

4.3 OBTENÇÃO DAS TORAS

De cada árvore foi retirada a primeira tora, com 3,2 m de comprimento, as quais foram enviadas imediatamente para o desdobro. Durante a derrubada e a retirada do interior do talhão, tomou-se cuidado especial para não deixar as árvores se chocarem desnecessariamente com outras plantas ou sofrer danos de impacto que pudessem interferir na manifestação das tensões de crescimento. Para a retirada do talhão utilizou-se um trator agrícola adaptado para atividade florestal dotado de uma garra carregadeira que permitiu o arraste com o mínimo de impacto possível.

O tempo entre a derrubada e o desdobro ocorreu em intervalo inferior a doze horas. As árvores foram abatidas durante o dia e desdobradas no turno noturno da serraria. A rapidez no processamento teve como principal objetivo evitar o mascaramento das manifestações das tensões de crescimento pela perda de umidade da madeira.

4.4 DESDOBRO DAS TORAS

No desdobro, utilizou-se como engenho principal uma serra fita simples vertical. Também foram empregadas duas serras fitas horizontais, uma serra circular múltipla e uma mesa destopadeira. O desdobro ocorreu em Telêmaco Borba em empresa terceirizada do grupo Sacandian, não foram feitas quaisquer mudanças que alterassem os padrões comerciais utilizados na serraria.

Na máquina de desdobro principal, foram realizados o primeiro e o segundo corte, a tora foi girada 90° e foram realizados o terceiro, o quarto e o quinto corte. As operações secundárias de resserragem foram feitas na serra fita horizontal; a porção restante, desdobrada em serra circular múltipla, (Figura 22) .

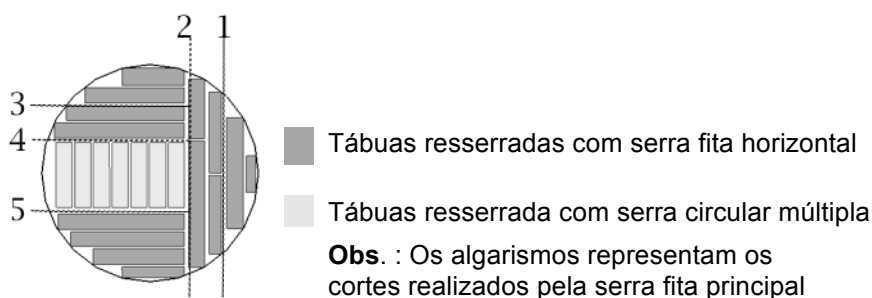


FIGURA 22- MODELO DE DESDOBRO UTILIZADO

4.5 MEDIÇÃO DAS AMOSTRAS

4.5.1 Determinação da densidade básica

Foi determinado a densidade básica média de cada árvore. Foram retirados discos de dez centímetros de espessura de seis posições ao longo do tronco, (Base, 25%, 50%, 75% 100% da altura). Os discos foram devidamente identificados e enviados para o Centro de Ciências Florestais e da Madeira da UFPR, onde a massa específica básica foi determinada pelo método da imersão, conforme a norma brasileira ABNT 11941 NBR 2002 Determinação do rendimento em madeira serrada

4.5.2 Determinação do rendimento em madeira serrada

O cálculo de rendimento em madeira serrada foi realizado respeitando os procedimentos descritos na norma ABNT 7203 1982. O mesmo foi obtido a partir da razão matemática entre o volume de madeira convertido em tábuas (m^3) e o volume inicial da tora (m^3) expresso em porcentagem. Foram medidas as diferenças entre os diâmetros nas extremidades das toras e relatado o número de toras com rachaduras de topo.

Posteriormente, o rendimento foi novamente calculado, considerando um destopo simulado, que reduziria o comprimento das tábuas seccionando a peça ao final da rachadura mais comprida.

4.5.3 Determinação da qualidade da madeira

Foram produzidas 856 tábuas provenientes das 75 toras de três espécies, sendo que 355 eram de *E. grandis*, 238 de *E. dunnii* e 263 de *E. saligna*. As peças serradas tinham comprimento nominal de 300 mm, espessura nominal de 25 mm e largura variável entre 60 e 190 mm.

Os defeitos foram medidos conforme as determinações da norma ABNT 14086 de 2002. Foram aferidas as dimensões das peças; a variação de espessura e largura; os empenamentos de encurvamento e arqueamento e também foram medidas as rachaduras nos topos das tábuas.

O índice de encurvamento foi calculado por meio da divisão da medida da flecha de empenamento longitudinal (desvio que a peça serrada faz em relação a um plano paralelo às extremidades da tábua) pelo comprimento total da peça.

O índice de arqueamento foi obtido calculando-se a razão entre a flecha empenamento, no sentido transversal em milímetros, e o comprimento da tábua.

As rachaduras foram medidas segundo a norma brasileira. Considerando a somatória de seus comprimentos dividida pelo comprimento da peça, obtém-se o índice de rachadura.

Não foi determinado o índice de encanoamento, pois o estudo ocupou-se com as manifestações de crescimento que são originadas a partir das tensões presentes no material ainda úmido. O índice de encanoamento é obtido após a secagem da madeira e sofre maior influência da secagem, por essa razão essa medida não foi tomada.

Para evitar a interferência causada pela perda de umidade, a mensuração das flechas de empenamento e no comprimento das rachaduras, as medições foram realizadas imediatamente após o desdobro e finalizada em 96 horas. Isso foi feito para evitar a manifestação de tensões originadas da perda de umidade do material e a acentuação que essas tensões poderiam causar nos defeitos originados pelas tensões de crescimento.

4.5.4 Avaliação geral da qualidade

As peças serradas foram separadas em cinco classes de qualidade de um a cinco. O número de classes de qualidade bem com os limites de cada classe foram definidos com base nos parâmetros descritos na norma ABNT 14806 (2002), sendo que na classe um ficam as tábuas perfeitas e na cinco as de pior qualidade.

Seguindo as recomendações constantes na norma brasileira o procedimento de avaliação da qualidade ocorreu em duas etapas. A primeira determinou-se visualmente a pior face da peça serrada, na segunda etapa mediu-se seus defeitos desta face, a fim de determinar qual classe a peça pertencia.

A divisão das classes de qualidade seguiu os seguintes critérios:

- classe um; as peças sem qualquer defeito.
- classe dois; as peças encurvamentos e arqueamentos de até 10 mm/m mas sem rachaduras,

- classe três; encurvamentos e arqueamentos de até 10 mm/m e rachaduras até 100mm/m.
- classe quatro; encurvamentos e arqueamentos de até 15 mm/m e rachaduras até 150mm/m.
- classe cinco; foram admitidas as demais peças.

Todas as 856 tábuas foram separadas conforme as cinco classes de qualidade, também foi realizada a comparação da qualidade em função do sistema de resserragem.

4.6 DETERMINAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL

A DRL foi medida em todas 75 as árvores que compõem o estudo, com as plantas ainda em pé. Foram observados os procedimentos descritos por Pádua (2004) e Cardoso Jr. (2004). De cada árvore foram mensuradas quatro medidas de DRL nas posições correspondentes aos pontos cardeais.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A fim de estudar o efeito do diâmetro e da espécie sobre as variáveis mensuradas utilizou-se um arranjo experimental com dois fatores, sendo espécie com primeiro fator com 25 indivíduos cada espécie, e o segundo fator o diâmetro com três 8 para as toras finas, 9 para as toras médias e 8 para as toras grossas. Para a análise do efeito do material genético o arranjo contou com 25 árvores por espécie e o segundo fator com cinco clones por espécie e cinco árvores por clone.

Para a comparação entre os diâmetros dentro da espécie e a comparação entre clones, optou-se pelo uso da análise de variância. Devido a simplicidade do método e sua precisão. O uso dessa metodologia permitiu comparar os fatores espécie, diâmetro e material genético e se ocorreram interações entre os fatores.

A fim de verificar a condição mínima para a realização do teste de análise de variância, foi realizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, corrigido para intensidades amostrais pequenas pela metodologia de Lilliefors e o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias. Para isso, utilizou-se o software SPSS 20 (*Statistical Pack page for the Social Sciences*) distribuído pela IBM. O nível de confiança utilizado foi de 5%. Foram testadas as variáveis densidade básica,

rendimento em madeira serrada, índice de encurvamento, índice de arqueamento, índice de rachaduras, e a DRL. Posteriormente para complementar o teste de análise de variância foi realizado o teste de comparação de médias de Tuckey-Kramer.

4.7.1 Uso do diagrama de Venn

A análise quantitativa dos dados foi baseada nos princípios da estatística descritiva e foi realizada por meio do diagrama de Venn. O diagrama de Venn é uma metodologia que permitiu avaliar características que as peças serradas possuíam. Formados por linhas fechadas os diagramas formaram conjuntos que permitiram colocar as peças rachadas em grupos que compartilhavam características comuns.

A construção dos diagramas se deu por meio da contagem simples de quantas peças apresentavam simultaneamente, rachaduras, encurvamento e arqueamentos. Após a determinação dessas quantidades foram calculadas as proporções de rachaduras e empenamentos expressos em porcentagem em relação ao total de peças produzidas.

Optou-se pelo uso dessa técnica descritiva devido à associação de defeitos numa mesma tabela, e o arranjo em grupos permitiu visualizar facilmente a diferença entre as espécies, diâmetros e clones.

4.7.2 A DRL e a relação entre a qualidade da madeira serrada

Utilizou-se a correlação linear de Pearson para avaliar a DRL e as características dendrológicas da planta. Utilizou-se um nível de significância de 5% e 1% para correlacionar DAP, altura, rendimento, massa específica básica e os índices de arqueamento, encurvamento e rachaduras com a DRL.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DENSIDADE BÁSICA

A análise de variância das médias de densidade básica mostraram diferenças entre as espécies e entre os diâmetros, contudo não indicaram a interação entre os fatores. A comparação de médias indicou que *E. saligna* foi a espécie com maior valor de densidade básica. (Tabela 3).

TABELA 3 - RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE AS ESPÉCIES ESTUDADAS

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio padrão	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. dunnii</i>	0,5413	0,037	b
<i>E. grandis</i>	0,4358	0,043	c
<i>E. saligna</i>	0,4671	0,028	a

Os valores encontrados para *E. dunnii* diferem das faixas verificadas por Trugilho (2005), que obteve valores médios de 0,511 g/cm³ para árvores de 13 anos e 0,547 g/cm³ em indivíduos de 15 anos. Souza (1986) determinou 0,531 g/cm³ para árvores de 14 anos. Os valores da Tabela 3 para *E. dunnii* são superiores aos verificados por Ribeiro e Zani Filho (1993), que encontraram valores entre 0,3 e 0,5 g/cm³, e por Ferreira e Kageyama (1978), com valores ligeiramente mais baixos, próximos a 0,4 g/cm³.

As árvores de *E. grandis* apresentam os menores valores de densidade básica entre as estudadas. Os valores para *E. grandis* são próximos aos valores de Brasil (1976), Silva *et al.* (2004), Lopes (2003), Brasil e Ferreira (1971) e Ribeiro e Zani Filho (1993). Esses autores relataram valores entre 0,4 a 0,479 g/cm³. Já os autores Serpa *et al.* (2003), Telles dos Santos *et al.* (2003) e Gonçalves *et al.* (2006) com valores superiores aos mostrados na Tabela 3, com uma variação de 0,5 a 0,59 g/cm³. Nota-se que os valores médios de densidade básica de *E. grandis* estão muito próximos dos valores relatados por Silva *et al.* (2004), que determinaram para uma população de Telêmaco Borba (PR) valores de 0,420 g/cm³. Ao analisar esses resultados, pode-se levantar a hipótese de interação entre o local de vegetação e os valores de densidade básica.

Embora o delineamento utilizado não possa comprovar a hipótese de que o local de vegetação exerça influência sobre a massa específica, os dados da

literatura apontam valores de densidade básica semelhantes determinadas localidades. Brasil (1976), em Itupeva (SP), encontrou $0,403 \text{ g/cm}^3$ e, em Mogi Guaçu (SP), $0,414 \text{ g/cm}^3$; Silva *et al.* (2004) encontraram $0,423 \text{ g/cm}^3$ em Telêmaco Borba. Souza *et al.* (1986) encontraram em Lençóis Paulistas (SP) $0,441 \text{ g/m}^3$; Brasil e Ferreira (1971), $0,447 \text{ g/m}^3$ também em Lençóis Paulistas (SP); Haselein *et al.* (2004), em Osório (RS), $0,46 \text{ g/cm}^3$; Lopes (2003) também no (RS), $0,462 \text{ g/cm}^3$. Ao observar os valores encontrados na literatura, é preciso ser particularmente cauteloso quando se faz comparação direta entre os dados relatados e os encontrados pelo estudo, pois pode-se incorrer em erro, já que as hipóteses levantadas pelo estudo não cobrem a teoria de que o local de vegetação influencia na massa específica, apenas indica que essa teoria poderá ser explorada em uma oportunidade futura.

As árvores de *E. saligna* apresentaram valores médios de densidade básica se comparado às outras duas espécies. Os valores da tabela 1 para *E. saligna* superaram aos dados de Ribeiro e Zani Filho (1993), que determinaram média de $0,465 \text{ g/cm}^3$ para um plantio realizado em espaçamento de $3,0 \times 2,0 \text{ m}$, com 6,5 anos, em Itupeva (SP). Os valores encontrados ficaram acima dos dados relatados por Brasil (1976) - $0,403 \text{ g/cm}^3$ - e por Brasil e Ferreira (1971) - $0,441 \text{ g/cm}^3$. Por outro lado, os dados encontrados por esse estudo ficaram abaixo dos valores de Serpa *et al.* (2003) - $0,640 \text{ g/cm}^3$.

5.2 EFEITO DO DIÂMETRO SOBRE A DENSIDADE BÁSICA

O resultado da análise de variância para o efeito da classe diamétrica não indicou diferenças entres os diâmetros (p-valor 0,270) (Tabela 4). Entretanto, observou-se uma tendência de aumento na massa específica básica com a redução do diâmetro da árvore em *E. grandis*. Nessa espécie os resultados apontaram que árvores com menor diâmetro apresentaram as maiores densidades.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE BÁSICA POR CLASSE DIAMÉTRICA

Espécie	Diâmetro	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio Padrão
<i>E. dunnii</i>	Toras finas	0,579	0,027
	Toras médias	0,525	0,065
	Toras grossas	0,521	0,059
<i>E. saligna</i>	Toras finas	0,448	0,040
	Toras médias	0,481	0,040
	Toras grossas	0,469	0,050
<i>E. grandis</i>	Toras finas	0,477	0,085
	Toras médias	0,439	0,095
	Toras grossas	0,389	0,095

A possível explicação para tal variação pode residir no fato do ritmo mais lento de crescimento das plantas de menor diâmetro, o que propicia que essas árvores depositem maior quantidade de material por unidade de volume, o que ocasiona um aumento da massa específica. Não foi realizada uma análise dos elementos anatômicos das plantas, mas pode-se cogitar que nas árvores de menor diâmetro de *E. grandis* as paredes celulares apresentem-se com maiores espessuras, aumentando a densidade básica desses indivíduos.

Para *E. saligna* as árvores de menor diâmetro apresentaram os menores valores de densidade básica, seguidas das árvores médias, e os indivíduos médios apresentaram os maiores valores de densidade básica, nesta espécie também ocorreram as maiores diferenças entre densidades para os grupos estudados.

Para *E. dunnii* os valores de densidade básica das árvores finas e médias foi muito próximo, e as árvores com maiores diâmetros apresentaram os maiores valores de densidade básica, apenas essa espécie apresentou esse comportamento.

5.3 EFEITO DO CLONE SOBRE A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Como foi constatado que as espécies apresentaram diferenças entre os valores de densidade, optou-se pela análise de cada espécie separadamente, analisando o efeito do material genético em fator único.

5.3.1 Densidade básica dos clones de *E. dunnii*

Os valores médios da densidade básica dos clones de *E. dunnii* são apresentados na Tabela 5 (p-valor 0,674).

TABELA 5 - VALORES DA DENSIDADE BÁSICA MÉDIA POR CLONE

Tratamento	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio Padrão	Comparação de médias Tuckey 5%
1	0,541	0,028	a
2	0,521	0,007	a
3	0,516	0,005	a
4	0,525	0,010	a
5	0,535	0,028	a
MÉDIA	0,541	0,029	

Não foram verificadas diferenças entre os clones de *E. dunnii* para densidade básica. Os valores encontram-se na mesma faixa que os calculados por Batista (2009), que comparou a densidade básica de toras de três metros de comprimento retiradas da base de três clones de *E. dunnii*, determinando valores entre 0,51 e 0,62 g/cm³.

Ao observar os resultados, nota-se que os clones dois e três apresentaram as menores variações para massa específica básica, e os clones um e cinco apresentaram os maiores valores de densidade básica.

5.3.2 Densidade básica dos clones de *E. saligna*

Os valores médios testados de *E. saligna* apresentaram diferenças a 5% de confiabilidade (p-valor 0,017) (Tabela 4).

TABELA 6 - VALORES DA DENSIDADE BÁSICA MÉDIA POR CLONE

Clone	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio Padrão	Comparação de médias Tuckey 5%
6	0,461	0,03	b
7	0,460	0,02	b
8	0,431	0,04	b
9	0,514	0,01	a
10	0,469	0,017	b
MÉDIA	0,467	0,029	

As árvores de *E. saligna* apresentaram as menores variações de massa específica. O clone com o maior valor de densidade foi o nove, que também foi o

clone com o maior diâmetro médio e a maior altura. O clone oito obteve os menores valores de densidade e por sua vez apresentou árvores com diâmetros próximos a 20 cm, enquanto que o clones 9 com diâmetros próximos a 40 cm, neste caso nota-se a diferença causada pela diferença entre os materiais genéticos. Os resultados obtidos encontram-se dentro da faixa determinada por Kageyama *et al.* (1978), com valores entre 0,448 a 0,634 g/cm³, o autores também encontraram grande variação de densidade ao testar árvores dessa espécie. No que tange à comparação com outros autores, Ribeiro e Zani Filho (1993), também encontraram diferenças estatísticas entre clones de *E. saligna* e argumentam que essas diferenças são suficientes para selecionar materiais de qualidade superior para usos industriais.

Os demais ficaram dentro da faixa compatível com o trabalho de Batista (2009). Analisando toras de *E. saligna*, o autor encontrou diferenças significativas entre os clones, que, calculados por ele, ficaram entre 0,42 e 0,50 g/cm³.

5.3.3 Densidade básica para os clones de *E. grandis*

Os resultados mostram que ocorreram diferenças significativas entre os clones de *E. grandis* (p-valor 0,017) (Tabela 7).

TABELA 7 - VALORES DA DENSIDADE BÁSICA MÉDIA POR CLONE

Tratamento	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio Padrão	Comparação de médias Tuckey 5%
11	0,463	0,027	a
12	0,461	0,030	a
13	0,441	0,024	b
14	0,423	0,005	b
15	0,391	0,067	b
MÉDIA	0,435	0,029	

Nos resultados do clone 15, verifica-se a existência de valores muito similares aos encontrados por Lopes (2003). Já os clones 13 e 14 apresentaram semelhança com os resultados de Barreiros *et al.* (2002), Souza *et al.* (1986) e Silva *et al.* (2004). O clone 15, que apresentou o menor valor de densidade básica, se comparado ao resultado de Brasil *et al.* (1976).

Os resultados estão em concordância com as hipóteses testadas por Lopes (2003), Haselein *et al.* (2004) e Batista (2009). Os autores indicaram que a densidade básica de *E. grandis* sofre forte influência do componente genético.

Na comparação entre os resultados obtidos e os dados de Kageyama *et al.* (1983), ocorre semelhança porque os autores encontraram diferenças significativas entre os clones. Contudo, os resultados observados nesta pesquisa foram numericamente diferentes dos de Kageyama *et al.* (1978). Os autores informam ter encontrado valores de densidade de 0,369 g/cm³ em árvores de 5, 5 anos; 0,423 a 0,568 g/cm³, de 11 anos de idade e, neste estudo, a variação dos resultados foi de 0,391 a 0,463 g/cm³. Lembrando que os dois estudos foram realizados em locais diferentes, com espaçamentos diferentes, o que é suficiente para explicar as diferenças.

Verificaram-se diferenças entre os valores de densidade básica de forma que formaram-se dois grupos, o primeiro contem os clones 11 e 12, e o segundo grupo com os clones 13, 14 e 15. A diferença entre os materiais genéticos proporcionaram tais diferenças.

5.4 RESULTADOS SOBRE O RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA DAS TRÊS ESPÉCIES DE *Eucalyptus* spp.

O teste de homogeneidade das variâncias comprovou a condição mínima para a aplicação do teste de análise de variância. O resultado da ANOVA indicou diferenças entre as espécies (p-valor 0,045). Não se verificou interação entre espécie e diâmetro (p-valor 0,720), a comparação complementar das médias mostrou que *E. saligna* apresentou o melhor rendimento (Tabela 8).

TABELA 8 – EFEITO DO RENDIMENTO PARA AS TRÊS ESPÉCIES NAS TRÊS CLASSES DIAMÉTRICAS

Espécie	Classe diamétrica	Rendimento Médio (%)	Rendimento por espécie (%)	Comparação de médias
<i>E. dunnii</i>	Toras finas	36,71	42,35	b
	Toras médias	41,02		
	Toras grossas	49,32		
<i>E. saligna</i>	Toras finas	43,87	48,29	a
	Toras médias	47,46		
	Toras grossas	53,55		
<i>E. grandis</i>	Toras finas	41,07	44,49	b
	Toras médias	43,85		
	Toras grossas	48,55		

Nota-se que as três espécies diferiram em relação ao rendimento em madeira serrada.

De forma geral, as toras mais grossas, independente da espécie, apresentaram-se com maior rendimento. Ao comparar as classes diamétricas nota-se que *E. saligna* apresentou os melhores rendimentos nas três classes diamétricas. A pior performance em rendimento foram as toras finas de *E. dunnii*. Esse grupo de toras apresentou um comportamento semelhante ao desempenho observado nas toras finas de *E. grandis*. Nota-se no entanto que para *E. grandis* o rendimento nas classes de toras médias foram superiores as classes finas e médias de *E. dunnii*. Essas diferenças explicam o resultado da performance em rendimento, a melhor espécie foi *E. saligna*, seguindo de *E. grandis* e em último lugar *E. dunnii*.

Explorando as diferenças nas dimensões das toras e a presença das rachaduras de topo pode-se observar que as espécies apresentaram diferenças entre elas que interferiram no desdobro. Foi determinada a conicidade das toras, também foi anotado se das toras possuíam ou não rachaduras de topo (Tabela 9).

TABELA 9 – INFLUÊNCIA DA CONICIDADE DA TORA E DA PRESENÇA DE RACHADURAS DE TOPO SOBRE O RENDIMENTO

Classe de Diâmetro	<i>E. grandis</i>		<i>E. dunnii</i>		<i>E. saligna</i>	
	Conicidade (D-d) (cm)	Nº. de toras rachadas	Conicidade (D-d) (cm)	Nº. De toras rachadas	Conicidade (D-d) (cm)	Nº. de toras rachadas
Toras grossas	3,84	3	3,34	3	4,59	1
Toras médias	5,22	4	4,58	2	3,78	2
Toras finas	5,69	3	6,17	3	4,36	1
Média	4,92		4,7		4,27	

Legenda: D-d representa o valor médio entre o diâmetro maior e o diâmetro menor das toras expresso em centímetros.

Ao analisar os dados contidos na Tabela 9, percebe-se que a espécie *E. saligna* apresentou o menor número de toras rachadas

A comparação classe a classe mostrou que, *E. saligna*, além de apresentar as menores diferenças entre os diâmetros das extremidades das toras e em número de toras rachadas (com exceção das toras grossas de *E. saligna*), também apresentou os melhores rendimentos em cada uma das classes. Sendo o oposto do verificado com *E. grandis*, que apresentou as maiores diferenças entre as extremidades das toras e o maior número de toras rachadas.

Também evidencia-se pela diferença entre os diâmetros maior e menor das toras avaliadas, que o formato das toras e as rachaduras produziram interferência no resultado do rendimento: esses fenômenos já foram observados e estão em concordância com as observações feitas por Scanavaca e Garcia (2003), que

afirmaram ter a forma das toras de *E. urophylla* interferência no rendimento da madeira serrada. Sobre este mesmo assunto, Rocha (2002) cita que fatores como diâmetro e conicidade das toras são características que influenciam no rendimento.

E. dunnii apresentou o segundo maior número de toras com rachaduras. Adicionalmente, em duas toras da classe um dessa espécie, no momento do desdobro, a porção presa ao carro porta-tora partiu-se por ocasião do segundo corte, fazendo com que a peça restante precisasse de duas passagens na resserradeira, o que interferiu negativamente no aproveitamento dessas toras.

A rachadura de toras ou de peças serradas de *E. dunnii* não é fato raro ou incomum. Vasques (2001) faz alusão a defeitos desse tipo em toras da espécie. O autor, ao estudar a distribuição das tensões de crescimento nas toras, afirmou que, na região próxima ao centro da tora, as peças serradas tendem a gerar tábuas com maiores amplitudes de rachaduras. Lisboa (1993) citou que a manifestação das tensões de crescimento do gênero *Eucalyptus* pode ser sutil em alguns casos e explosiva em outros. Matias (2003) também relatou as intensas rachaduras das peças de *E. dunnii* durante o processamento, segundo o autor essas peças apresentavam rachaduras que percorriam todo o comprimento da tábua.

Na literatura, há escassos relatos de peças serradas que precisaram ser retrabalhadas durante o processamento. Porém, sobejam notificações de toras com a presença de rachaduras, indicando que esse fator interfere negativamente no rendimento. Isso pode ser visto em Scanavaca e Garcia (2003) e (FERREIRA *et al.* 2004).

Comparando-se as espécies em relação ao rendimento, o *E. dunnii* apresentou a pior performance, com rendimento médio de 42,85 %, valor próximo ao calculado por Rocha (2000). *E. grandis* foi a espécie que apresentou rendimento médio de 44,48 %, seguido pelo *E. saligna*, de 48,29 %.

A perda de aproveitamento da madeira serrada causada pelas rachaduras pôde ser simulada através de um novo cálculo de rendimento. Neste cálculo, as peças serradas tiveram seu comprimento reduzido devido a um suposto destopo realizado ao final das rachaduras (Tabela 10).

TABELA 10 - RENDIMENTO DESCONTADO APÓS A SIMULAÇÃO DE DESTOPO DEVIDO ÀS RACHADURAS

Espécie	Classe diamétrica	Rend. %	Rend. destopado %	Perda	Rend. Médio por espécie %	Rend. Médio Destopado %	Perda média por espécie
<i>E. dunnii</i>	Toras finas	36,71	31,5	5, 21%	42,35	36,4	5,95%
	Toras médias	41,02	36,8	4,22%			
	Toras grossas	49,32	40,9	8,42%			
<i>E. saligna</i>	Toras finas	43,80%	35	8, 87%	48, 29	39,1	9,22%
	Toras médias	47,46	36,6	10,86%			
	Toras grossas	53,55	45,6	7,95%			
<i>E. grandis</i>	Toras finas	41,07	36,1	4,97%	44,49	34,9	9,59%
	Toras médias	43,85	32,1	11,75%			
	Toras grossas	48,55	36,5	12,05%			

As perdas foram maiores em *E. grandis* e *E. saligna*. Para *E. dunnii*, as perdas ficaram próximas a 6%. Isso ocorreu porque as classes de toras finas e médias desta última espécie tiveram as menores perdas de todo o conjunto estudado. Vale ressaltar que *E. dunnii* apresentou o menor rendimento mesmo tendo as menores perdas devido ao rachaduras. As rachaduras prejudicaram o rendimento em madeira serrada nas classes diamétricas das toras grossas e médias de *E. grandis* (11,75%) e as toras médias de *E. saligna* (10,86%). Nestas classes, as rachaduras reduziram o em mais de 10%. A comparação com outros autores não foi realizada, pois não foram encontrados dados de rendimento destopado calculados por outros autores, separando os dados por classes diamétricas.

Os resultados da Tabela 10 não indicam uma distribuição reconhecível entre as perdas e os diâmetros das toras, ou seja, a redução de aproveitamento apresentou valores aleatórios, não mantendo uma relação entre diâmetro e destopo. Na análise das tábuas, nota-se que algumas peças tiveram que ser destopadas em posições superiores à metade do seu comprimento, enquanto que outras retiradas da mesma tora sofreram rachaduras de apenas poucos centímetros. Isso indica que as tensões de crescimento manifestadas através das rachaduras são resultado de uma combinação de fatores, diâmetro, espécie, e posição da tábua no interior da tora. A combinação desses fatores interfere diretamente no uso da madeira e torna muito difícil o estudo do controle desse fenômeno.

5.5 EFEITO DO CLONE SOBRE O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA.

Percebeu-se que o efeito da clonagem sobre o rendimento foi mais evidente que o encontrado quando se estudou o efeito da classe diamétrica. As diferenças entre as espécies permanecem inegáveis, contudo a diferenciação dentro do grupos é menos óbvia, uma vez que a variação dentro do clone é menor do que entre os grupos da mesma espécie. Por essa razão, para representar melhor os resultados dos clones, estes foram mostrados segundo suas espécies.

5.5.1 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para *E. dunnii*

A análise de variância para as médias de rendimento em madeira serrada, que indicaram diferenças entre os tratamentos (p-valor 0,029). Na Tabela 11, mostram-se os valores obtidos de rendimento em madeira serrada para os cinco clones estudados de *E. dunnii*.

TABELA 11 - DADOS DE RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Diâmetro médio das toras (cm)	Rendimento (%)	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. dunnii</i>	1	42,38	41,72%	A
	2	24,19	39,38%	B
	3	35,69	41,10%	AB
	4	32,15	40,26%	AB
	5	30,24	40,55%	AB

Os resultados indicam que os clones um e três apresentaram os melhores rendimentos em madeira serrada, e o dois o pior. A análise dos resultados revela outras informações. Ao comparar os clones um, três e quatro, por exemplo, a estatística indica que todos são iguais. No entanto, do ponto de vista da utilização da tora, o clone um será preferível, visto que sempre que se desdobram toras de diâmetros maiores existirá a tendência de melhor aproveitamento da madeira. Essa tendência foi verificada nesse trabalho, como também por outros autores. Pádua (2004) verificou aumentos de rendimento com o aumento do diâmetro das toras. Rocha (2000) verificou melhores rendimentos nas toras mais grossas para *E. dunnii* e *E. grandis*.

Pode-se atribuir ao efeito do diâmetro a diferença entre os clones um e dois, visto que a diferença entre os diâmetros médios da tora são evidentes, e o teste estatístico aponta a diferença entre os clones.

A análise conjunta dos efeitos diâmetro e material genético explica o por que da tendência do aumento do diâmetro nem sempre resultar no aumento do rendimento. A componente genética interfere no rendimento fazendo esse variar, a evidência para essa afirmação encontra-se nas diferenças entre o clone três e o clone cinco, embora exista uma diferença de 5 cm entre as médias dos diâmetros das diferença ente os rendimento não supera 0,7%, mostrando que o comportamento do clone durante o desdobro afeta o rendimento. Por essa premissa, se considerado apenas a variável desdobro isoladamente, os clones de *E. dunnii* um e três são mais adequados ao uso em serrarias, e o clone dois não seria apropriado para essa destinação.

O EFEITO DA CLONAGEM ASSUME UMA PROPORÇÃO MAIOR AO ANALISAR O DESTOPO CAUSADO PELAS RACHADURAS NAS EXTREMIDADES DAS PEÇAS SERRADAS, (P-VALOR 0,062), AS DIFERENÇAS ENTRE OS CLONES DO PONTO DE VISTA ESTATÍSTICO SÃO PEQUENAS NO ENTANTO AO REALIZAR A COMPARAÇÃO MÚLTIPLA PELO TESTE DE TUKEY PODE-SE PERCEBER MELHOR O COMPORTAMENTO DOS CLONES, (

Tabela 12).

TABELA 12 - OBSERVAÇÃO DAS PERDAS CAUSADAS PELAS RACHADURAS

Espécie	Clone	Diâmetro médio das toras (cm)	Conicidade (D-d) cm	Num. toras rachadas	Rend. médio Destopado (%)	Comparação de médias	Perdas em rend. pelo destopo
<i>E. dunnii</i>	1	42,38	6,35	2	36,40%	B	5,32%
	2	24,19	3,9	3	32,53%	C	6,85%
	3	35,69	4,36	1	38,21%	AB	2,89%
	4	32,15	5,83	1	39,33%	A	0,93%
	5	30,24	4,35	1	37,10%	AB	3,41%

Legenda: D-d representa o valor médio entre o diâmetro maior e o diâmetro menor das toras expresso em centímetros. Letras iguais representam valores estatisticamente iguais.

Ao fazer a análise do rendimento, sem notar as perdas por destopo, nota-se que o clone com a melhor performance foram o um e o três. No entanto, isso muda ao se considerar o destopo, pois o clone com o melhor resultado passa ser o quatro, justamente por apresentar a menor redução no rendimento.

Já o clone com a maior perda por destopo foi o clone dois, seguido do clone um, que apresentou o maior diâmetro das toras e esperava-se que apresentasse a melhor performance em rendimento.

Os clones três, quatro e cinco tiveram as menores perdas por destopo, sendo que o clone quatro praticamente manteve seu rendimento antes e após o destopo.

Quando se analisou a relação perdas por destopo e diâmetro da tora não foi possível estabelecer um padrão. Ao analisar a relação entre as perdas de rendimento e a conicidade da tora, também não há padrão reconhecível. Ou seja, pelos resultados apresentados, não há evidências suficientes para informar que toras mais cônicas ou mais cilíndricas originarão peças mais ou menos rachadas. A literatura sobre o assunto também não trata desse pormenor, sendo escassas as relações entre o efeito da conicidade e as manifestações das tensões na forma de rachaduras das tábuas.

Por exclusão dos efeitos do diâmetro e da conicidade sobre as perdas por destopo, pode-se imputar ao material genético a influência sobre as perdas, uma vez que a perceberam-se diferenças estatísticas entre os clones. Recomenda-se, portanto, que novas investigações sejam conduzidas, incluindo o aspecto perdas por destopo e a investigação da herdabilidade dessa característica.

5.5.2 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para *E. saligna*

NOTOU-SE DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS ENTRE OS RENDIMENTOS DOS CLONES DE *E. SALIGNA* (P-VALOR 0,025). A

Tabela 13 mostra o resultado da comparação múltipla das médias.

TABELA 13 - RESULTADOS DE RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Diâmetro médio das tora (cm)	Rendimento (%)	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. saligna</i>	6	24,64	43,49%	BC
	7	22,77	40,32%	C
	8	36,50	51,32%	A
	9	32,55	51,82%	A
	10	26,20	46,10%	B

Nos clones de *E. saligna* fica mais clara a relação diâmetro e rendimento. Nota-se que o clone oito e nove apresentam as toras com o maior diâmetro e os maiores rendimentos em madeira serrada. Os resultados seguiram a tendência prevista do aumento do diâmetro em provocar aumento no rendimento. A análise de variância também constatou diferenças entre os clones quando foram descontadas as perdas por destopo causadas pelas rachaduras (p-valor 0,029).

Já a análise do rendimento destopado mostra o acúmulo de tensões das toras com menores diâmetros. Essas tensões manifestaram-se pelas rachaduras das tábuas no momento do desdobro, como pode ser visto na Tabela 14.

TABELA 14 – PERDAS CAUSADAS PELAS RACHADURAS

Espécie	Clone	Diâmetro médio das toras (cm)	Conicidade (D-d) cm	Número de toras rachadas	Rendimento Destopado (%)	Comparação de médias Tuckey 5%	Perdas em rendimento pelo destopo
<i>E. saligna</i>	6	24,64	4,16	2	36,29%	C	7,20%
	7	22,77	4,86	1	35,07%	C	5,25%
	8	36,50	2,60	0	47,48%	A	3,84%
	9	32,55	3,44	0	48,38%	A	3,44%
	10	26,20	3,26	1	42,43%	B	3,67%

Legenda: D-d representa o valor médio entre o diâmetro maior e o diâmetro menor das toras expresso em centímetros. Letras iguais representam valores estatisticamente iguais

Observa-se que o clone seis apresentou as maiores perdas causadas pelo destopo, seguido do clone sete. Analisando a conicidade das toras, diferente do que ocorreu em *E. dunnii*, nota-se um padrão. Nos clones seis e sete, as perdas por destopo foram mais altas, essas toras apresentaram as maiores conicidades. Já nos clones oito, nove e dez, a conicidade ficou abaixo de 4 cm/m e as perdas foram inferiores a 4% no rendimento.

Apenas os clones de *E. saligna* apresentaram esse padrão, mostrando que evidências que a forma particular das toras dessa espécie influenciou na manifestação das rachaduras, no entanto deve-se ter cautela com essa afirmação uma vez que esse padrão não foi seguido nas outras espécies estudadas. Os resultados sugerem que novos estudos devem ser realizados sobre essas variáveis a fim de elucidar a relação entre a forma da seção transversal e o rendimento em madeira serrada, e as perdas por destopo.

5.5.3 Efeito do clone sobre o rendimento em madeira serrada para *E. grandis*

O efeito do clone sobre o rendimento dos clones de *E. grandis* foi verificado por meio da análise de variância (p-valor 0,39), a comparação das médias de rendimento indicou diferenças entre elas, (Tabela 15).

TABELA 15 - RESULTADOS DE RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Diâmetro médio das tora (cm)	Rendimento (%)	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. grandis</i>	11	33,73	42,75%	A
	12	39,69	48,36%	B
	13	34,41	46,59%	B
	14	33,93	42,75%	A
	15	36,88	47,87%	B

Os resultados apontam que o clone 12 apresentou o melhor rendimento e, simultaneamente, o maior diâmetro médio das toras, confirmando a tendência do aumento do diâmetro da tora acarretar um aumento no rendimento. Outra evidência que se pode reafirmar é a de que a tendência pode ser visualizada no clone 15, que é o segundo maior em diâmetro e tem o segundo melhor rendimento. Observa-se que os clones com os maiores diâmetros foram estatisticamente iguais, já os dois materiais com diâmetros menores apresentaram as piores performances no rendimento. Outra informação que não está em comparação direta de médias é a variação do rendimento dentro dos clones. As toras de *E. grandis* se caracterizaram por uma variação maior dentro do clone causada pelas rachaduras das tábuas.

A análise de variância das médias do rendimento destopado admitiu a hipótese da nulidade, ou seja, não foram detectadas evidências de diferenças entre as médias de rendimento após o destopo (p-valor 0,0846).

Esse resultado revela os diferentes níveis de tensão de crescimento presentes nos clones, uma vez que as perdas ocorridas no rendimento fizeram com que as médias fossem reduzidas todas aos valores próximos. Isso fez com que clones que tinham maiores tensões apresentassem as maiores perdas.

Observa-se na Tabela 16 que, para os clones de *E. grandis*, não ocorreram diferenças significativas entre os clones, mas as perdas em rendimento não podem ser ignoradas, já que representaram valores entre 7 e 15%.

TABELA 16 – PERDAS CAUSADAS PELAS RACHADURAS

Espécie	Clone	Diâmetro médio das toras (cm)	Conicidade (D-d) cm	Número de toras rachadas	Rendimento Destopado (%)	Comparação de médias Tuckey 5%	Perdas em rendimento pelo destopo
<i>E. grandis</i>	11	33,73	2,97	3	33,75%	A	9%
	12	39,69	6,74	2	41,07%	A	7,29%
	13	34,41	5,93	3	38,59%	A	8%
	14	33,93	4,32	3	32,92%	A	9,83%
	15	36,88	6,61	2	32,91%	A	14,96%

Legenda: D-d representa o valor médio entre o diâmetro maior e o diâmetro menor das toras expresso em centímetros. Letras iguais representam valores estatisticamente iguais

O clone 15 que teve uma perda de 14,96% no rendimento. Já o clone com as menores perdas no rendimento foi o clone 12. Das três espécies estudadas, os clones de *E. grandis* sofreram as maiores perdas no rendimento.

Como ocorreu em *E. dunnii*, não foi possível distinguir um padrão entre conicidade e as rachaduras de topo nas tábuas. Um padrão só foi verificado nas toras de *E. saligna*, o que pode apontar para uma influência da origem do material sobre a conicidade. Alguns autores buscaram padrões entre a conicidade da tora e os defeitos das tábuas. Admitindo que essa seja uma característica extremamente fácil de ser mensurada, autores como Silva (2008) e Garcia *et al.* (2005) buscaram estabelecer ligações entre a conicidade da tora e o comportamento da madeira serrada, no entanto não lograram êxito. Ao observar os resultados de rendimento e o rendimento destopado, juntamente com os dados de conicidade, tem-se um indício de que, embora a conicidade seja uma característica que possa ser selecionada nas toras, não foi encontrada evidência que esse parâmetro exerceu influência sobre o aproveitamento da madeira serrada, tampouco sobre a manifestação das tensões de crescimento na forma de rachaduras de topo nas tábuas.

5.6 ANÁLISE DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA

Os resultados referentes a qualidade da madeira serrada foram descritos na seguinte ordem, variação das dimensões das peças serradas, índices de empenamento, índice de rachaduras e classificação segundo a norma ABNT 14086.

5.6.1 Avaliação da variação das dimensões das peças serradas

As espécies tiveram resultados semelhantes para a variação de espessura e largura das peças serradas (p-valor 0,78). O mesmo ocorreu para os efeitos da classe diamétrica e dos clones (p-valor 0,74) (Tabela 17 e Tabela 18).

TABELA 17 – VALORES MÉDIOS DE ESPESSURA

Espécie/	diâmetro	Espessura média das tábuas (mm)	Variação média em espessura (mm)	Coef. De Variação %	Espessura média das tábuas (mm)	Variação média em espessura (mm)	Coef. De Variação %
E. dun nii	Toras finas	2,84	1,07	39,51%	2,74	1,17	35,00%
	Toras médias	2,7	1,04	37,96%			
	Toras grossas	2,69	1,42	23,70%			
E. grandis	Toras finas	2,72	1,44	82,26%	2,80	1,20	61,84%
	Toras médias	2,80	1,05	37,51%			
	Toras grossas	2,86	1,14	40,62%			
E. saligna	Toras finas	2,90	1,23	28,05%	2,85	1,22	43,03%
	Toras médias	2,84	1,34	56,06%			
	Toras grossas	2,82	1,07	34,07%			
Total geral		2,80	1,20	47,46%			

TABELA 18 -- VALORES MÉDIOS DE LARGURA

Espécie/	diâmetro	Largura média das tábuas (cm)	Variação média em largura (mm)	Coef. de Variação %	Largura média das tábuas (cm)	Variação média em largura (mm)	Coef. de Variação %
E. dun nii	Toras finas	11,74	4,18	68,48%	11,64	4,74	50,54%
	Toras médias	11,20	5,43	47,53%			
	Toras grossas	12,06	4,51	37,12%			
E. grandis	Toras finas	11,42	4,76	23,51%	12,55	4,41	35,05%
	Toras médias	11,90	3,80	36,34%			
	Toras grossas	14,44	4,76	42,12%			
E. saligna	Toras finas	10,50	7,07	95,29%	10,86	5,99	82,18%
	Toras médias	10,39	6,76	72,78%			
	Toras grossas	11,76	4,07	49,27%			
Total geral		11,69	5,05	65,65%			

Nota-se pelos resultados que a variação de largura e espessura foi de um milímetro em média, para espessura, e cinco milímetros, para largura. Os valores encontrados estão dentro dos limites impostos pela norma brasileira ABNT 14086. A norma estabelece que para peças serradas de até 30 mm de espessura a variação máxima de espessura é de 2 mm, sem que ocorra desclassificação da qualidade da madeira. Já para largura a variação

Para as 25 toras de *E. dunnii* desdobradas, ocorreu uma variação de 4,7 mm na largura e 1,17 mm na espessura esses valores são inferiores ao relatados por Rocha e Trugilho (2006) para *E. dunnii*.

Os resultados não evidenciaram a origem da variação nas dimensões das peças para os efeitos isolados pelo delineamento (espécie e diâmetro), pois, ao admitir a hipótese da nulidade para os fatores estudados, ainda sim verificou-se uma variação nas dimensões da madeira serrada. Isso mostra que outras são as fontes de variação, ou seja, os equipamentos e as práticas utilizadas pelos operários interferiram na variação de largura e espessura de forma mais acentuada que os efeitos de espécie e diâmetro.

A análise da variação das dimensões das peças é de suma importância na compreensão da qualidade do material serrado de *Eucalyptus*, visto que a variação tem origem na interação entre o material serrado e a forma de desdobro utilizado. A matéria-prima mover-se durante o processo de seccionamento, deforma a causar distorções nas dimensões finais das peças serradas. Já os sistemas de corte podem causar variação nas dimensões das peças devido a ajustes das máquinas, problemas de afiação, e até decisões dos operadores.

5.6.2 Avaliação do índice de encurvamento para o efeito da espécie e da classe diamétrica

Não foram verificadas diferenças entre as classes diamétricas (p-valor 0,189), mas foi verificada diferenças entre as espécies (p-valor 0,021).

A comparação múltipla das médias de índice de encurvamento (Tabela 19) apontam que as toras de *E. grandis* obtiveram os menores valores encurvamento, já as de *E. saligna* apresentaram os valores mais altos. Os resultados indicaram que os diâmetros não exerceram influência sobre o encurvamento das tábuas, não foi possível generalizar seu efeito para as três espécies testadas. Os resultados estão

acima dos encontrados por Ferreira *et al.* (2004); dentro do intervalo comentado por Del Menezzi (1999) e abaixo dos valores de Rocha e Trugilho (2006).

TABELA 19 - RESULTADO DA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO ÍNDICE DE ENCURVAMENTO (MM/M) INCLUINDO O EFEITO DO DIÂMETRO

Espécie	Média do índice de encurvamento (mm/m)	Comparação de médias Tukey α 5%	Classe diamétrica	Média de encurvamento (mm/m)
<i>E. dunnii</i>	3,99	AB	Toras finas	4,55
			Toras médias	3,72
			Toras grossas	3,74
<i>E. saligna</i>	4,17	B	Toras finas	4,29
			Toras médias	4,95
			Toras grossas	3,18
<i>E. grandis</i>	3,08	A	Toras finas	3,03
			Toras médias	3,21
			Toras grossas	2,98

Legenda: Letras iguais representam valores estatisticamente iguais entre as linhas

Os três diâmetros de *E. grandis* apresentaram índices de encurvamento menores se comparados às outras duas espécies. Também se pode observar que as toras grossas, oriundas de árvores com DAP acima de 35 cm, apresentaram os menores valores de índice de encurvamento nas três espécies.

A conversão das toras grossas de *E. saligna* em tábuas resultou em maiores valores de encurvamento. Os resultados evidenciaram que as toras grossas de *E. grandis* e *E. dunnii* geraram tábuas com menores encurvamentos se comparadas à outra espécie.

5.6.3 Avaliação do índice de arqueamento para os efeitos da espécie e da classe diamétrica

Para o arqueamento, foi rejeitada a hipótese da nulidade entre as três espécies em um nível de significância de 5% (p-valor 0,016). A hipótese da nulidade foi aceita para o efeito do diâmetro (p-valor 0,299). A comparação múltipla das médias dos índices de arqueamento estão mostrados na Tabela 20.

TABELA 20 - RESULTADO DA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS ÍNDICES DE ARQUEAMENTO DAS ESPÉCIES

Espécie	Média do índice de arqueamento (mm/m)	Comparação de médias Tukey α 95%	Classe diamétrica	Média de arqueamento (mm/m)
<i>E. dun nii</i>	3,71	B	toras finas	3,05
			toras médias	2,77
			toras grossas	2,31
<i>E. saligna</i>	2,42	A	toras finas	2,83
			toras médias	3,30
			toras grossas	2,49
<i>E. grandis</i>	2,96	A	toras finas	2,18
			toras médias	1,80
			toras grossas	1,73

Legenda: Letras iguais representam valores estatisticamente iguais

Os valores de arqueamento foram compatíveis aos valores de Rocha (2000); para toras finas foram de 0,21 mm/m a 2,61 mm/m e, para toras grossas, entre 0,09 mm/ e 0,5 mm/m.

No que diz respeito à comparação entre os diâmetros, observou-se diferenças. Nota-se um padrão entre diâmetro e a média do índice de arqueamento, sendo que, ao aumentar as dimensões das toras, o defeito tende diminuir. Todavia esse padrão não foi presente em *E. saligna*, indicando que a generalização desse padrão não pode ser adotada para qualquer espécie. Pode-se conjecturar também que o arqueamento está sujeito a outras influências que não somente o diâmetro. Como prováveis fatores que exerceram interferências sobre o arqueamento das peças serradas de *E. saligna*, pode-se elencar os fatores genéticos e as variáveis de processamento.

Ao verificar os resultados, percebe-se que *E. grandis* apresentou os menores índices de arqueamento. As toras provenientes de árvores mais grossas das três espécies apresentaram menores arqueamentos, já as plantas mais finas, no momento da conversão, apresentaram maiores índices de arqueamento. Com exceção das toras médias de *E. saligna*, observou-se a tendência das toras mais grossas apresentarem menores valores de arqueamento. Essa tendência também é comentada por Garcia (2005) e Silva (2008). Os valores de índice de arqueamento e encurvamento foram superiores aos encontrados por Ferreira *et al.* (2004), que calcularam 3 mm/m para o encurvamento e 0,92 mm/m para o arqueamento. Diferindo dos dados encontrados na literatura, as toras de diâmetro médio de *E. saligna* apresentaram os maiores índices do defeito, superando todas as demais. No entanto, o teste estatístico não constatou diferenças entre as classes diamétricas. A

média do índice de arqueamento foi afetada pela amplitude dos valores, ou seja, em toras semelhantes foram obtidas tábuas que não apresentavam o defeito, noutras a o desvio de arqueamento atingia vários centímetros. Essa variação reduziu a capacidade do teste em detectar as diferenças entre as classes. Observações como essa reforçam a teoria de que o efeito do arqueamento está ligado ao comportamento do material genético.

5.6.4 Avaliação do índice de rachaduras para o efeito da espécie e da classe diamétrica

A análise de variância indica que não ocorreram diferenças entre as espécies, mas ocorreram entre as classes diamétricas e também não houve interação entre os fatores. Todavia, ao se observar o nível de significância obtido para o efeito isolado do diâmetro, nota-se o p-valor 0,008 indicando que o efeito da classe diamétrica pode ser isolado do efeito da espécie. Sob esse raciocínio foi realizada uma análise das variâncias das médias de índice de rachaduras, considerando cada classe diamétrica de cada espécie com um tratamento isolado. Testados em modelo aleatório simples os resultados podem ser vistos na tabela 21.

TABELA 21 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS ÍNDICES DE RACHADURAS PARA AS DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS

Espécie	Índice de rach. médio (cm/m)	Classe diamétrica	Índice rach. médio (cm/m)	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. dunnii</i>	10,874	Toras finas <i>E. dunnii</i>	13,907	AB
		Toras médias <i>E. dunnii</i>	12,021	AB
		Toras grossas <i>E. dunnii</i>	6,551	A
<i>E. saligna</i>	13,083	Toras grossas <i>E. saligna</i>	9,251	AB
		Toras médias <i>E. saligna</i>	13,296	AB
		Toras finas <i>E. saligna</i>	15,808	AB
<i>E. grandis</i>	13,798	Toras finas <i>E. grandis</i>	22,003	B
		Toras médias <i>E. grandis</i>	9,809	AB
		Toras grossas <i>E. grandis</i>	10,081	AB

Legenda: Letras iguais representam valores estatisticamente iguais

Os resultados dos rachaduras são bastante variáveis. Algumas peças sequer apresentam esse defeito e outras têm rachaduras de quase um metro. Isso ocasiona uma variação dentro do grupo muito maior que as variações entre os grupos, o que concorda com as observações de Lisboa (1993).

Observando as tábuas durante o processamento, notou-se dois fatos:

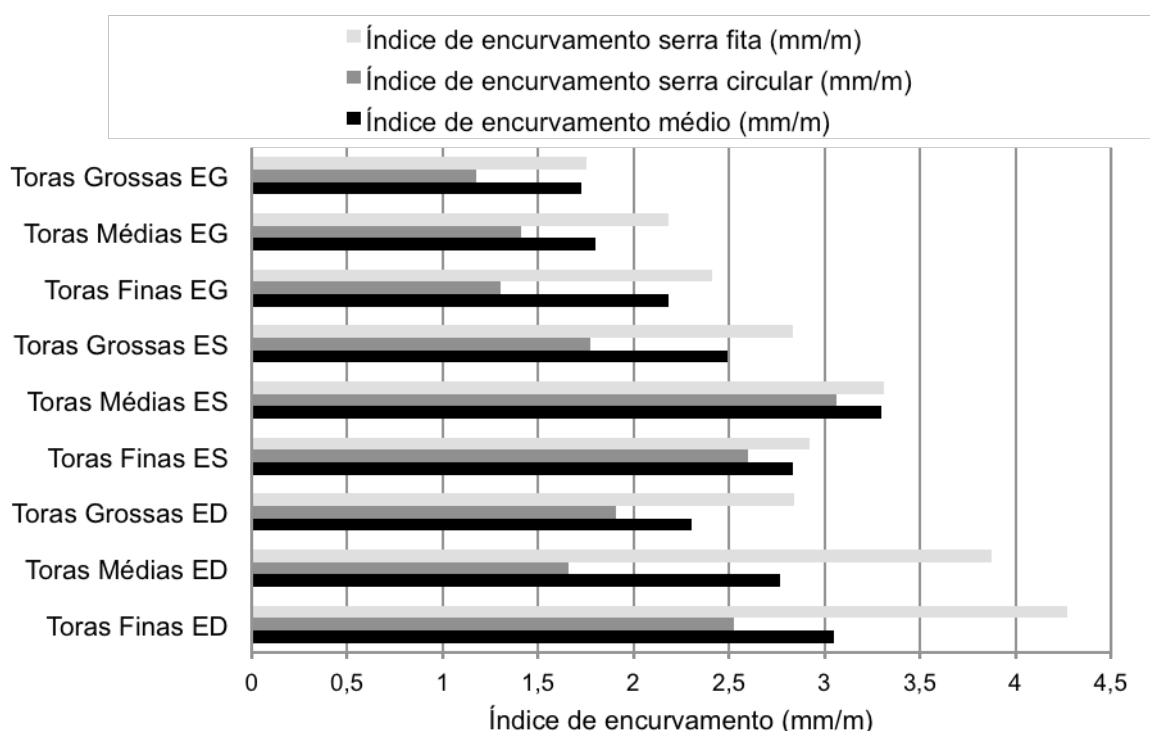
- as tábuas resserradas com serra circular apresentaram rachaduras maiores se comparadas com as obtidas por meio de serra fita horizontal;
- de algumas toras, originaram-se tábuas que tinham rachaduras superiores à metade do seu comprimento e, da mesma tora, eram confeccionadas peças que sequer apresentavam o problema. Isso gerou uma variação intensa da média, o que reduziu as diferenças entre os grupos estudados. Esses dois efeitos serão discutidos posteriormente, ao longo do texto.

Comparando os resultados com as observações realizadas por Telles dos Santos (2002), constatou-se uma concordância entre os resultados e as observações realizadas pelo autor, que observou uma grande variação entre esse defeito e concluiu que as toras com maiores diâmetros apresentavam peças rachadas nas porções centrais e tábuas não defeituosas nas regiões da periferia. Em Silva (2008), também é comentada a grande variação da intensidade o índice de rachaduras, porém a autora não faz referência à forma de resserragem ou ao posicionamento da tábua na tora. Outro resultado que chama atenção em Silva (2008) é o de que não ocorreram diferenças estatísticas entre os clones de *E. benthamii*, contradizendo alguns autores que imputam ao fator genético as diferenças no rachaduras da madeira serrada.

Os resultados endossam os comentários de Telles dos Santos (2002), pois verificou-se a tendência observada pelo autor. Em Silva (2008), também há variação significativa nas rachaduras entre os clones estudados pela autora, mas não há diferenças estatísticas para diferentes diâmetros.

5.6.5 Comparação dos índices de encurvamento entre os sistemas de resserragem

Durante o desdobro das toras, foram utilizados dois processos de resserragem. Os indícios apontam que a forma de determinação da espessura das peças influenciou na manifestação dos empenamentos e das rachaduras. O gráfico 1 mostra a interação entre a resserragem e os defeitos.



Legenda: ED – *Eucalyptus dunnii*, ES- *Eucalyptus saligna*, EG- *Eucalyptus grandis*

GRÁFICO 1 – ÍNDICE DE ENCURVAMENTOS MÉDIO DA MADEIRA RESSERRADA POR SERRA CIRCULAR E SERRA FITA HORIZONTAL

Percebe-se a diferença entre os índices de encurvamento das peças resserradas com fita se comparadas à serra circular. Os resultados indicam que, ao utilizar a serra circular múltipla, obtiveram-se tábuas com menores encurvamentos.

Os dados indicam que os encurvamentos das peças foram menores, quando as peças foram resserradas em serra circular e, maiores, quando as espessuras foram definidas na serra fita horizontal. À medida que os diâmetros das toras de *E. dunnii* e *E. grandis* foram aumentando, os encurvamentos das tábuas resserradas em serra fita foram reduzidos, enquanto que, em serra circular, os encurvamentos não obedeceram essa tendência.

O que os dados indicam que, quando a espessura foi determinada pela serra fita, a peça teve liberdade para encurvar-se durante o procedimento de desdobro. Soma-se a isso o fato de que as peças resserradas com serra fita posicionavam-se frequentemente na periferia da tora. A teoria mais aceita conta que os tecidos vegetais dessa região da tora tendem a contrair-se na periferia e alongar-se no centro da tora, somando esse efeito com o sistema de resserragem, resultou nos dados obtidos e visualizados no gráfico 1.

Nos diâmetros menores de *E. dunnii* e *E. grandis*, as peças serradas acumularam mais tensões e foram manifestadas em maiores defeitos de encurvamento. Já quando a porção da tora foi desdobrada em serra circular, o corte simultâneo reduziu o encurvamento nas toras finas das duas espécies. À medida que os diâmetros foram aumentando, ocorreu uma interação entre a manifestação das tensões de crescimento de encurvamento e o diâmetro da tora, de maneira tal que as tábuas obtidas das toras grossas em cortes simultâneos foram paulatinamente apresentando índices de encurvamento maiores.

Nota-se também pelos resultados que a diferença entre o encurvamento foi superior a quatro milímetros por metro nas toras finas e médias de *E. dunnii* e *E. grandis*, caindo para pouco mais de 2,4 mm/m em *E. dunnii* e 1,5 mm/m nas toras grossas de *E. grandis*, o que mostra que, em toras mais grossas, a operação de resserragem afetou menos que nas toras finas.

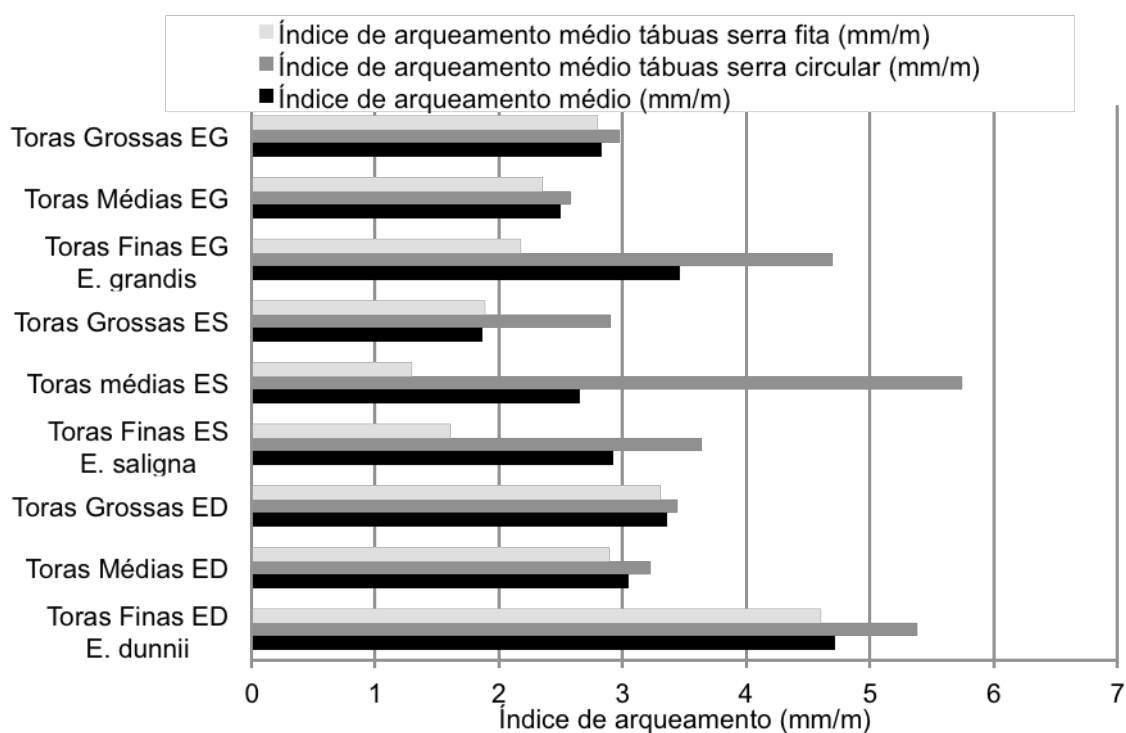
Já as toras de *E. saligna* não seguiram o padrão verificado das duas outras espécies, com as toras de diâmetro médio apresentando encurvamentos maiores nas tábuas resserradas pela serra circular.

Para *E. saligna*, toras médias e grossas, a diferença do índice de encurvamento foi relativamente regular nos dois diâmetros, por volta de 0,8 mm/m. Notadamente as toras médias dessa espécie apresentaram encurvamentos maiores se comparadas às mais grossas, mas a operação de resserragem afetou os encurvamentos das tábuas finais de maneira inferior, se comparado às outras duas espécies.

Estudos relacionando o encurvamento com a técnica utilizada na resserragem são bastante raros. Normalmente os autores apenas indicam a forma utilizada no desdobro e não diferenciam na mesma tora cortes realizados simultaneamente de cortes sucessivos ou alternados, dificultando a comparação dos resultados. No entanto, Silva (2008), ao resserrar *E. benthamii* com serra circular, percebeu que os

encurvamentos seguiam algum controle genético e indicou essa característica como herdável. Também afirmou que índices de encurvamento pequenos poderiam ser reduzidos com o correto empilhamento. Pode-se argumentar, então, que, para os dados estudados, quando as toras apresentaram os maiores diâmetros, os encurvamentos foram menores. Seguindo essa lógica, se desejar-se realizar uma nova coleta de informações sobre o material estudado, pretendendo determinar menores encurvamentos possíveis, deve-se buscar toras de diâmetro superior de *E. saligna* e, no desdobro, usar serra circular múltipla sempre que possível nas operações de resserragem.

O gráfico 2 mostra o resultado dos índices de arqueamento nos dois sistemas de resserragem por classe diamétrica.



Legenda: ED – *Eucalyptus dunnii*, ES- *Eucalyptus saligna*, EG- *Eucalyptus grandis*

GRÁFICO 2 – ÍNDICE DE ARQUEAMENTO MÉDIO DAS PEÇAS RESSERRADAS COM SERRA CIRCULAR E SERRA FITA HORIZONTAL

O gráfico 2 referente aos índices de arqueamento apresenta uma informação de que as toras de *E. grandis* geraram peças com arqueamentos maiores quando as espessuras das tábuas foram determinadas em serra circular, no entanto os índices de arqueamento nessa espécie não excederam uma diferença de 1,5 mm/m.

Para *E. dunnii*, as toras finas apresentaram índices de arqueamento maiores na resserragem realizada com serra circular. A diferença entre os índices foi inferior a 1 mm/m.

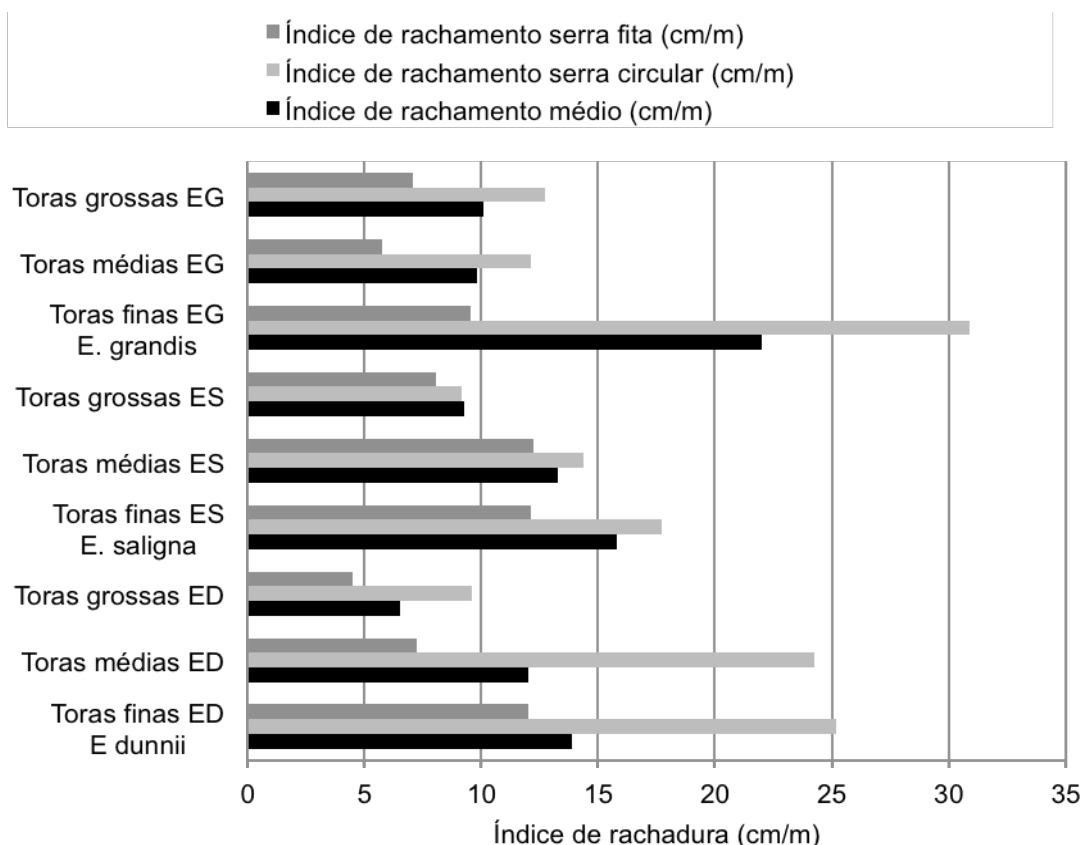
Em *E. saligna*, a diferença entre a resserragem com serra circular para fita ficou mais evidente. Quando se utilizou serra circular os arqueamentos foram maiores se comparado a serra fita.

Das três espécies estudadas, a que apresentou maiores arqueamentos nas tábuas resserradas com serra circular foi a das toras médias de *E. saligna*, com os maiores defeitos desse tipo em todo o conjunto estudado.

A análise do diâmetro mostrou que as toras mais finas resultaram em tábuas com maiores arqueamentos. Quando utilizado o sistema de resserragem baseado em serras circulares, o defeito foi acentuado. A análise do gráfico também ressalta que a média do arqueamento ficou influenciada pelo sistema de resserragem, uma vez que há uma evidente diferença na média dos arqueamentos entre os dois sistemas.

Os dados indicam que os índices de arqueamento verificados foram menos influenciados pela resserragem que os encurvamentos. A espécie e o diâmetro da tora afetaram mais essa característica que o desdobro secundário. Como ocorreu no encurvamento, as toras mais grossas apresentaram menores defeitos independente da espécie estudada.

O gráfico 3 mostra os resultados do índice de rachaduras para os sistemas de resserragem nas diferentes classes diamétricas.



Legenda: ED – *Eucalyptus dunnii*, ES- *Eucalyptus saligna*, EG- *Eucalyptus grandis*

GRÁFICO 3 - ÍNDICE DE RACHADURA MÉDIO DAS PEÇAS RESSERRADAS COM SERRA CIRCULAR E SERRA DE FITA HORIZONTAL

Nas três espécies estudadas, o sistema de resserragem com serra circular resultou em maiores índices de rachadura. Isso ocorreu devido à interação do sistema de resserragem com o posicionamento do semi-bloco na tora. As toras que apresentaram os maiores defeitos foram as de menor diâmetro de *E. grandis*, seguidas de *E. dunnii*.

Observa-se no gráfico a grande influência sobre a média das peças resserradas com serra circular. Em *E. dunnii*, o sistema produziu rachaduras médias próximas a 25cm/m, já as peças serradas com serra fita apresentaram índices entre 10 cm e 5 cm/m. Evidente que a posição da peça na tora influenciou o resultado, Garcia (1995) e Vázquez (2001) deixam claro que o efeito da posição da peça serrada na tora influencia a manifestação das tensões de crescimento. Todavia na literatura são raros os estudos que isolam os efeitos do sistema de resserragem e o

posicionamento da peça na tora. Sendo assim pode-se atribuir que a interação desses dois fatores produziu os resultados vistos no gráfico 3.

Ao utilizar o corte simultâneo, as tensões de crescimento foram liberadas de forma mais violenta. Esse corte foi realizado numa área da tora que se estendia do centro até sua extremidade. Essa região compreendia um semi-bloco formado por tecidos que estavam sujeitos a esforços de tração, localizados na periferia da tora, e compressão, concentrados no centro da tora. O uso da serra múltipla provocou uma liberação intensa dessas forças, que superou a resistência dos tecidos, provocando rachaduras extensas, a explicação é coerente com as observações feitas por VÁZQUEZ (2001).

A utilização da serra fita, por outro lado, foi feita sobre tecidos mais periféricos, de características mais homogêneas. Isso resultou numa menor manifestação das tensões, produzindo rachaduras de menor monta. As rachaduras tendem a predominar no centro da tora devido à diferença de forças encontradas nessa região. Vázquez (2001), explica que ao serrar uma peça que possua porções próximas à medula essas tenderão a rachar. Isso ficou evidente ao observar os resultados das toras de *E. dunnii* e *E. grandis*. Nessas duas espécies as rachaduras foram maiores nos sistemas de resserragem com serra múltipla que atuaram nas partes mais centrais da tora.

A madeira de *E. saligna* apresentou um comportamento ligeiramente diferente. Os dois sistemas de resserragem apresentaram resultados próximos em todos os diâmetros, indicando que nessa espécie as tensões de crescimento foram menores.

5.7 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DEFEITOS

5.7.1 Análise dos defeitos sob o efeito da espécie

A análise da frequência dos defeitos para as três espécies está mostrada nos diagramas da Figura 23.

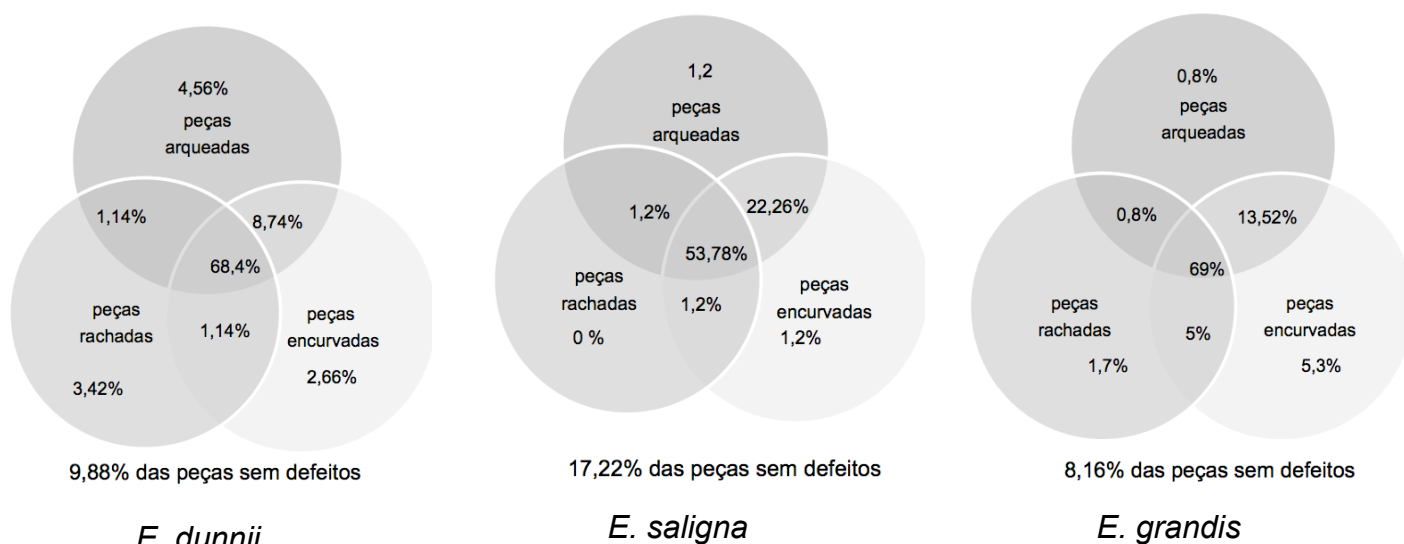


FIGURA 23 – DIAGRAMA DE VENN INDICANDO A DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS DEFEITOS

Os três diagramas indicam que, nas espécies estudadas, a maior parte das tábuas apresentaram defeitos complexos onde o arqueamento, encurvamento e rachaduras foram presentes na mesma peça. Pode-se notar que *E. saligna* apresentou a menor porcentagem de tábuas nessas condições com, 53%, seguido de *E. dun nii*, 68% e *E. grandis*, 69%. O defeito de mais difícil mitigação são os arqueamentos, visto que, em peças rachadas, pode-se efetuar o seccionamento da parte afetada e o encurvamento pode ser minorado pelo empilhamento. Para Garcia (2005) e Silva (2008), o encurvamento sofre bom controle genético e pode ser de utilidade no melhoramento da qualidade da madeira.

Com base nos diagramas, a espécie que apresentou a menor porcentagem de tábuas arqueadas foi *E. saligna*, com 78,44% das peças com esse defeito, seguidos de *E. dun nii*, 82,84%, e *E. grandis*, com 84,12%. A mesma tendência é repetida para o encurvamento e para as rachaduras. Outro dado que chama atenção é que *E. saligna* obteve a maior quantidade de tábuas sem qualquer defeito, com 17,22%, contra 9,88%, em *E. dun nii*, e apenas 8,16%, em *E. grandis*.

Os diagramas indicam que a frequência de tábuas sem defeito foi ligeiramente maior em *E. saligna* seguida de *E. dunnii* e, por fim, *E. grandis*. No entanto esta análise considera apenas a frequência dos defeitos, não indicando a intensidade, quando foi visto a intensidade notou-se que as *E. dunnii* originou materiais com maiores valores de índice de encurvamento e arqueamento, o rendimento em madeira serrada também foi inferior nessa espécie. Logo o diagrama mostra a frequência de ocorrência de um ou outro defeito, mostrando que para as três espécies quase dois terços do material serrado apresentou simultaneamente arqueamento, encurvamento e rachadura. Com base na análise conjunta dos resultados dos diagramas com os gráficos de índices de encurvamento arqueamento e rachaduras, pode-se concluir que *E. saligna* apresentou a melhor qualidade do material serrado.

5.7.2 Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de *E. dunnii*

Ao observar os diagramas da Figura 24 nota-se claramente que a maior parte do material serrado apresentou três tipos de defeitos. Embora relevante, este dado é pouco destacado na literatura e não há relatos da demonstração da combinação dos defeitos sobre as tábuas. Os diagramas mostram um quadro geral, indicando qual é o comportamento do material durante o desdobro.

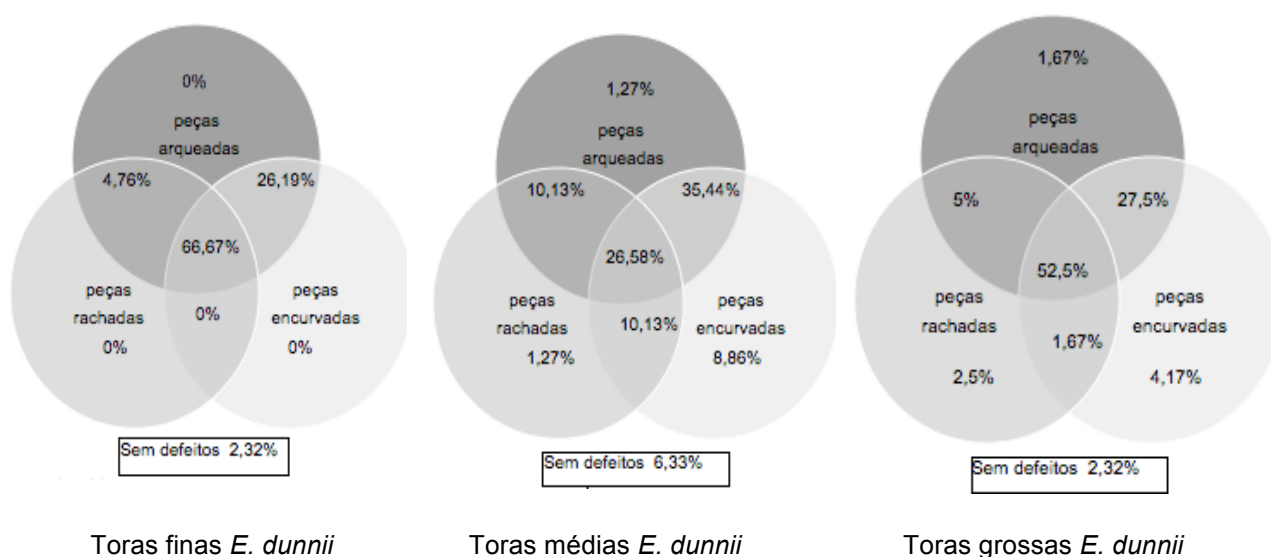


FIGURA 24 – DIAGRAMAS DE VENN PARA CLASSES DIAMÉTRICAS

Os diagramas destacam que poucas são as peças que apresentaram apenas um tipo de defeito, e que as tensões de crescimento manifestaram-se simultaneamente em empenamentos e rachaduras.

A informação mais relevante é que mais da metade das peças das toras finas e grossas de *E. dunnii* apresentaram os três defeitos; a metade das demais tábuas, e uma a cada quatro peças serradas, tinha simultaneamente encurvamento e arqueamento. Isso remete à informação de que, para o uso final dessa madeira, independente de qual seja, 95% das tábuas terão que ser retrabalhadas, ou seja, terão que passar por algum tipo de preparação, seja no destopo, seccionamento e outros, para ser utilizada de maneira apropriada. Isso faz com que o aproveitamento da madeira seja inferior aos 39% médios já calculados. O impacto total desses defeitos não pode ser mensurado de maneira precisa, uma vez que as ações tomadas para regularizar o material variam de acordo com a intensidade do defeito e o destino que se dará ao material serrado. Também não se pode comparar esses valores com outros da literatura, já que não há relatos de como os defeitos se distribuem pelo conjunto de tábuas serradas, no entanto, pode-se afirmar com segurança que apenas 2% de tábuas sem defeito algum é um valor indesejado para qualquer situação.

Na classe diamétrica, com as toras médias, a situação é diferente. Um quarto das tábuas apresentou os três defeitos, 35% apresentaram simultaneamente defeitos de encurvamento e arqueamento. Nessa classe diamétrica, mais de 20% das tábuas apresentam simultaneamente rachaduras e encurvamentos ou rachaduras e arqueamentos. A soma dessas informações não é suficiente para dizer que, nessa classe de diâmetro, a qualidade da madeira foi superior às outras duas classes da espécie, uma vez que uma quantidade superior a 90% das peças serradas apresentou defeitos.

O gráfico 4 apresenta a frequência de tábuas por classe de qualidade e permitem observar como as tábuas se distribuem pelas classes de qualidade da norma NBR14806. Na classe 1 estão as peças serradas de melhor qualidade e na classe 5 as tábuas mais defeituosas.

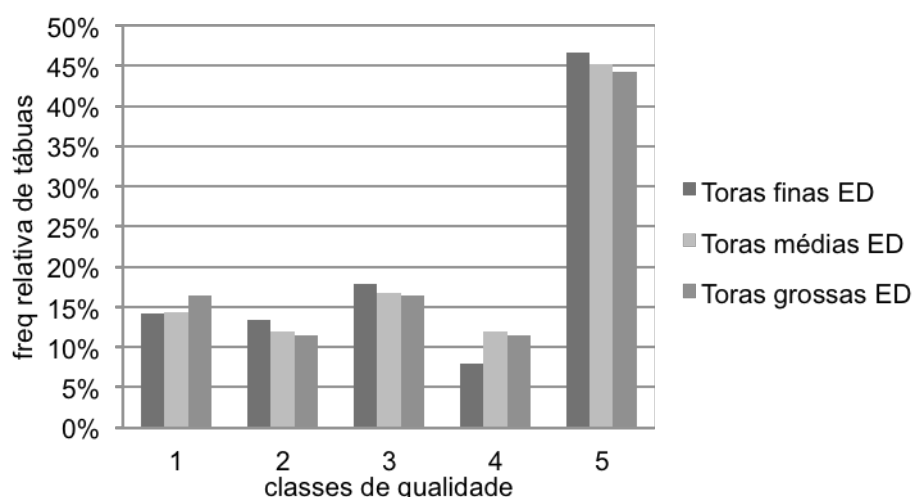


GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DAS TÁBUAS PELAS CINCO CLASSES DE QUALIDADE DETERMINADAS PELA NORMA NBR 14806, SOB O EFEITO DA CLASSE DIAMÉTRICA

Pelo gráfico de distribuição de frequência, nota-se que aproximadamente pouco mais de 40% de toda a madeira produzida é de qualidade cinco, o que é considerado de pior qualidade pela norma brasileira de classificação. Nas classes 1 e 2, que somam quase um quarto de todo o volume produzido, ficam concentradas as tábuas com defeitos de intensidade baixa ou sem defeitos.

A observação dos resultados não revela qualquer padrão entre a classe diamétrica e a qualidade da madeira. Nota-se apenas uma ligeira diferença entre a classe de toras finas e grossas. Esta última apresenta 3% a mais de peças serradas de qualidade 1 e 3,65% a menos na pior qualidade.

5.7.3 Análise quantitativa dos defeitos para os clones *E. dunnii*

A figura 25 apresenta os diagramas de Venn dos clones de *E. dunnii*.

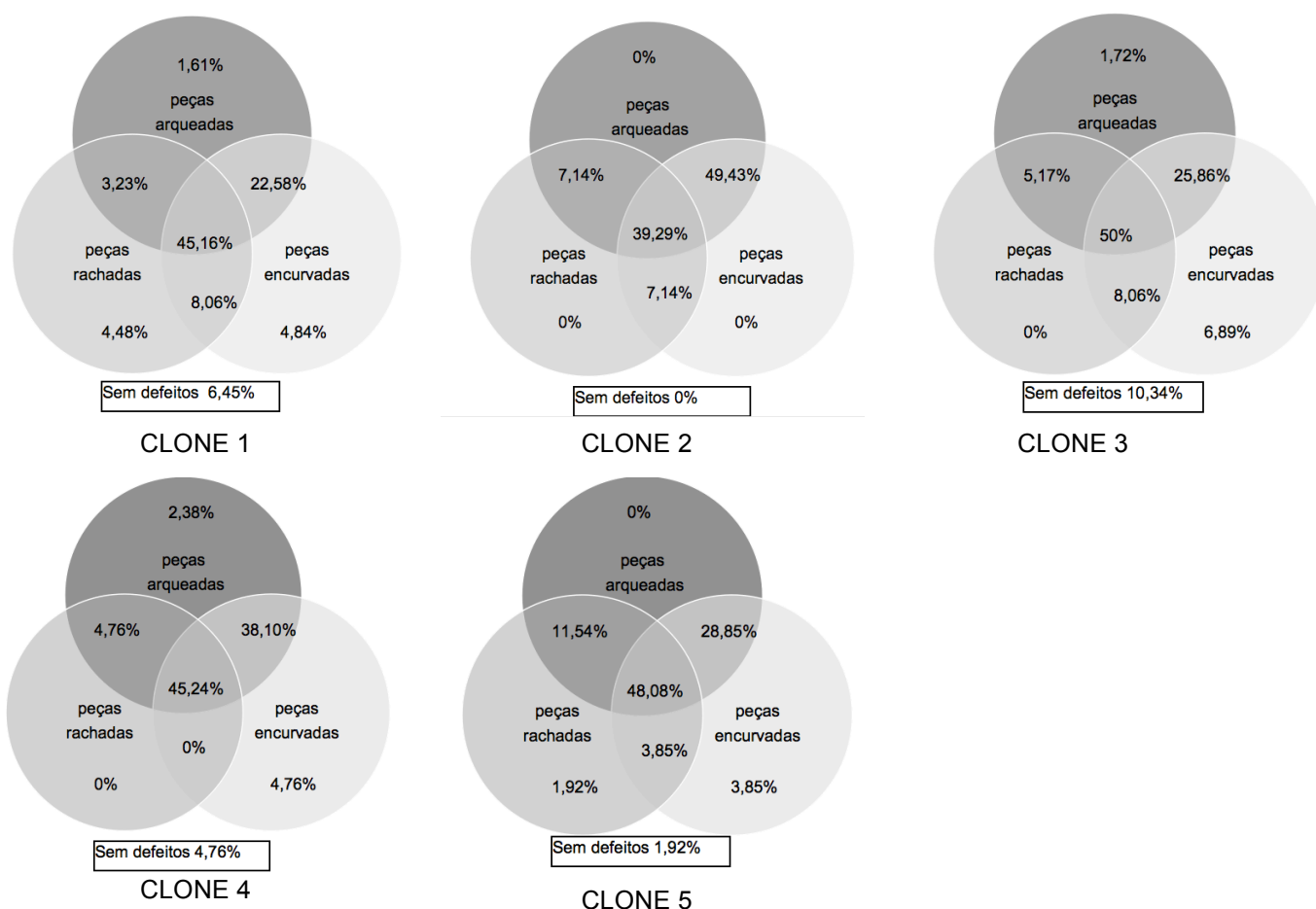


FIGURA 25 – DIAGRAMAS DE VENN PARA OS CLONES

Os diagramas de Venn apontam uma evidência de que aproximadamente 40% de todo material serrado, seja classificado por diâmetro ou nos diferentes clones, apresentou os três tipos de defeito. Nota-se também que valores que variaram entre as peças serradas apresentaram simultaneamente defeitos de encurvamento e arqueamento em proporções que variaram de 22 a 49%, indicando que a distribuição das tensões de crescimento sobre as tábuas foi influenciada pela separação do material em clones.

Também fica claro que poucas são as peças serradas que apresentaram apenas um tipo de manifestação de tensão de crescimento, pois nota-se que essa ocorrência foi bem pouco frequente, ou seja, em todos os clones avaliados poucas tábuas apresentam apenas um tipo de defeito. Em alguns clones, como o clone 2,

uma tábua sequer apresentou apenas um defeito, sendo que o material testado dessa origem apresentou a maior frequência de peças serradas defeituosas.

Nota-se que o clone 3 apresentou as maiores proporções de tábuas sem defeitos, seguido do clone 4. Fica evidenciado por esses resultados que a separação das toras por clones foi responsável pela qualidade final do material serrado.

Por meio do gráfico 5, pode-se observar qualitativamente e quantitativamente as frequências do material serrado em relação às classes de qualidade da norma brasileira.

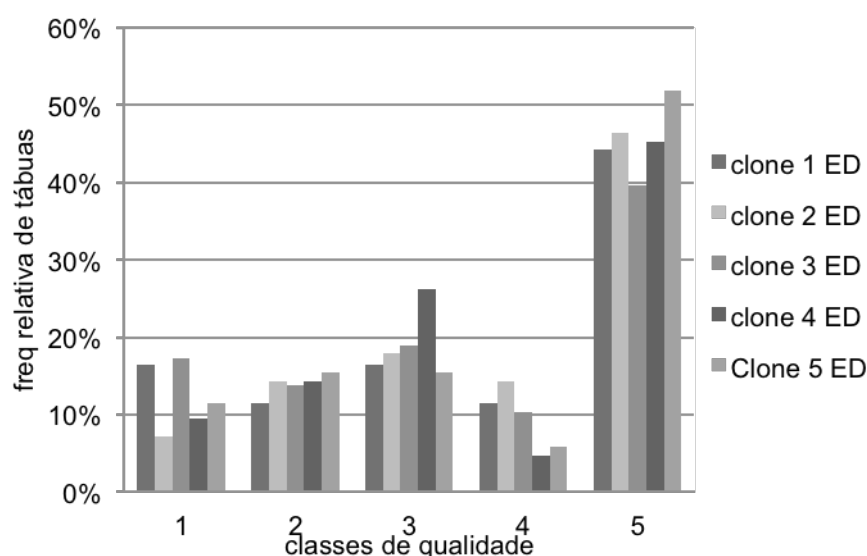


GRÁFICO 5- DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DAS TÁBUAS PELAS CLASSES DE QUALIDADE DA NORMA NBR 14086, SOB O EFEITO DA CLASSIFICAÇÃO DA MADEIRA POR CLONES

Ao observar o gráfico 5, nota-se que as tábuas que apresentam os três tipos de defeitos - empenamento, arqueamento e rachaduras - têm a pior qualidade. É evidente que uma tábua que apresente essas características, apresente a pior qualidade descrita na norma. No entanto, há no gráfico uma informação que extrapola essa suposição. Observa-se que, no clone 2, apenas 39% das peças apresentaram os três defeitos, mas quase metade do material foi classificado de qualidade 5. Isso ocorreu porque, nesse clone em particular, havia uma qualidade menor de tábuas rachadas e o material apresentou maiores proporções de peças serradas com empenamentos e arqueamentos. Já na classe de qualidade um, fica evidente a baixa proporção de tábuas de qualidade superior no clone 2.

Por meio do gráfico 19, pode-se observar que os clones com tábuas de melhor qualidade foram o um e o três, pois ambos apresentaram quantidades quase

idênticas de peças na qualidade um e menores proporções de tábuas de qualidade cinco. O clone quatro chama atenção por ter muitas tábuas de qualidade três; a madeira serrada desse clone apresentou defeitos de intensidade ligeiramente mais altos que os demais, isso fez com que mais da metade do material ficasse classificado entre as qualidade três a cinco.

A utilização do diagrama de Venn, associado ao gráfico de distribuição de frequências, permite fazer inferências sobre quais foram os defeitos mais frequentes e qual a qualidade geral do material serrado. Nota-se em outros autores que a informação mais facilmente encontrada é o relato da intensidade de cada defeito individualmente, como ocorre no trabalho de Silva (2008), Mattos *et al.* (2006), Telles dos Santos (2002). Por diferentes motivos, esses autores optam por informar os valores médios de arqueamentos, encurvamentos e rachaduras. No entanto, essa pesquisa defende o ponto de vista de que se deve conjugar essa informação com a frequência de defeitos, e a avaliação da qualidade com base nos critérios estabelecidos em norma, uma vez que, por meio dessas duas informações, pode-se precisar com maior exatidão a condição do material serrado. O uso do diagrama de Venn é particularmente útil, pois mostra como é complexa a apresentação dos resultados da qualidade das peças serradas. Vasquez (2002) apresenta um modelo por meio da representação geométrica da tora após as atividades de desdobro. Esboçando vetores fora de escala, o autor mostra a complexidade das manifestações de crescimento sobre o material serrado. O autor não apresenta qualquer proporção ou quantidade de material que ficou sujeita a esboços múltiplos, resultando em tábuas que sofreram empenamentos e rachaduras simultaneamente.

5.7.4 Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de *E. saligna*

As Figura 26 apresentam os diagramas de Venn para as três classes diamétricas para *E. saligna*.

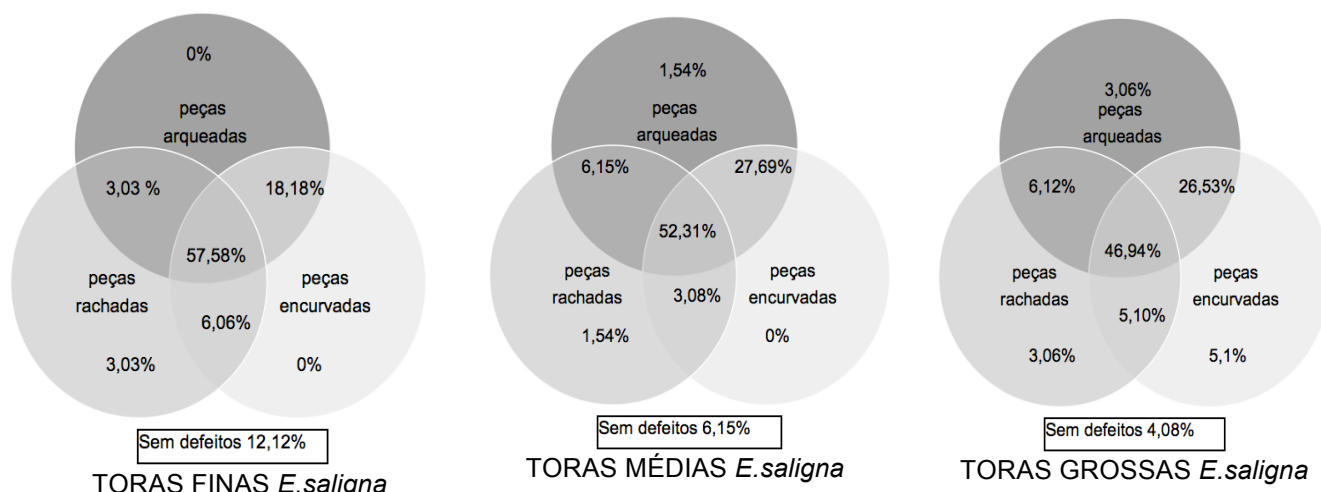


FIGURA 26 – DIAGRAMA DE VENN PARA CLASSES DIAMÉTRICAS

Aproximadamente 50% das tábuas de *E. saligna* apresentaram empenamentos e rachaduras. Pode-se observar que as toras finas dessa espécie apresentaram, simultaneamente, a maior porcentagem de tábuas com os três defeitos e maior de peças sem defeitos, seguido das toras de diâmetro médio. A partir das toras grossas, foram produzidas as tábuas com a menor frequência de empenamentos e rachaduras.

Os resultados apontam que ocorreu uma associação entre os defeitos de encurvamento e arqueamento. Essa associação ocorreu mais nas toras grossas e médias que nas toras finas. E as associações entre arqueamento e rachaduras e entre encurvamento e rachaduras foram menos frequentes nas três classes diamétricas.

Foram raras as tábuas que apresentaram apenas um tipo de defeito, sendo que apenas peças retiradas das toras grossas apresentaram apenas encurvamento. Peças serradas com apenas o defeito de rachadura foram verificadas no tratamento das toras finas e médias, e o arqueamento nas toras médias e grossas.

O gráfico 6 permite observar a intensidade dos defeitos, uma vez que a norma classifica a madeira serrada de *Eucalyptus* com base no grau de manifestação dos empenamentos e de rachaduras.

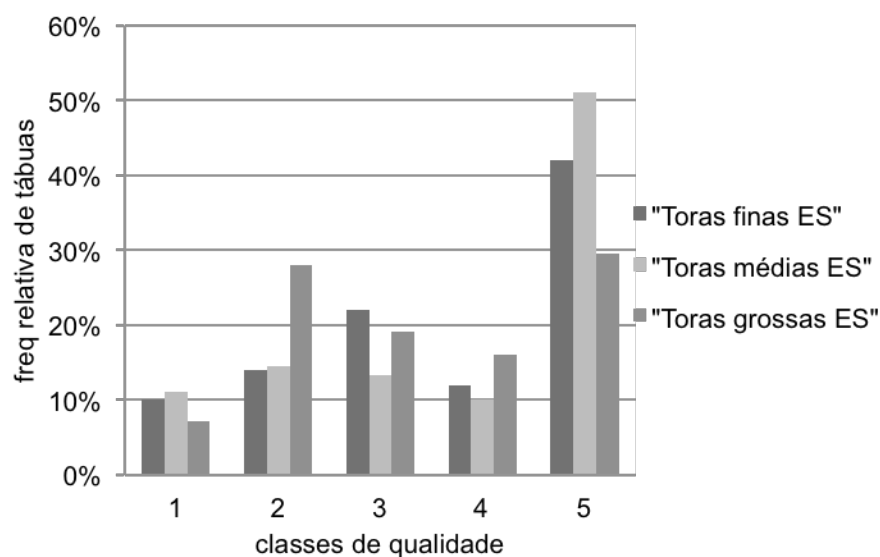


GRÁFICO 6 - DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS TÁBUAS PELAS CINCO CLASSES DE QUALIDADE DETERMINADAS PELA NORMA NBR 14086, PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS

Observa-se, pelo gráfico 6, que o tratamento que engloba as toras grossas apresentou a menor qualidade de tábuas na qualidade um, no entanto foi o tratamento que teve a menor quantidade de tábuas de classe de qualidade cinco. Isso ocorreu porque boa parte das peças serradas desse tratamento foi classificada como de qualidade dois e três. A partir desse fato tem-se a evidência de que as toras grossas de *E. saligna* apresentaram defeitos com menor intensidade se comparadas aos outros tratamentos. Já as toras médias apresentaram a maior porcentagem de madeira serrada de qualidade cinco, sendo o pior tratamento dessa espécie. Mais da metade de toda a madeira serrada desse tratamento apresentou qualidade muito baixa.

As toras finas produziram tábuas serradas de qualidade intermediária se comparado às outras classes diamétricas estudadas dessa espécie. Pode-se observar no gráfico que foi a classe com a segunda maior frequência entre as peças serradas sem defeitos, todavia, considerando o fato de que mais de 70% desse material foi considerado de classe três, quatro ou cinco, pode-se dizer que, de cada dez peças serradas dessa classe diamétrica, sete podem ser consideradas de qualidade baixa ou muito baixa.

5.7.5 Análise quantitativa dos defeitos para os clones de *E. saligna*

Os diagramas da Figura 27 mostram a distribuição das tábuas pelos defeitos estudados para os clones de *E. saligna*.

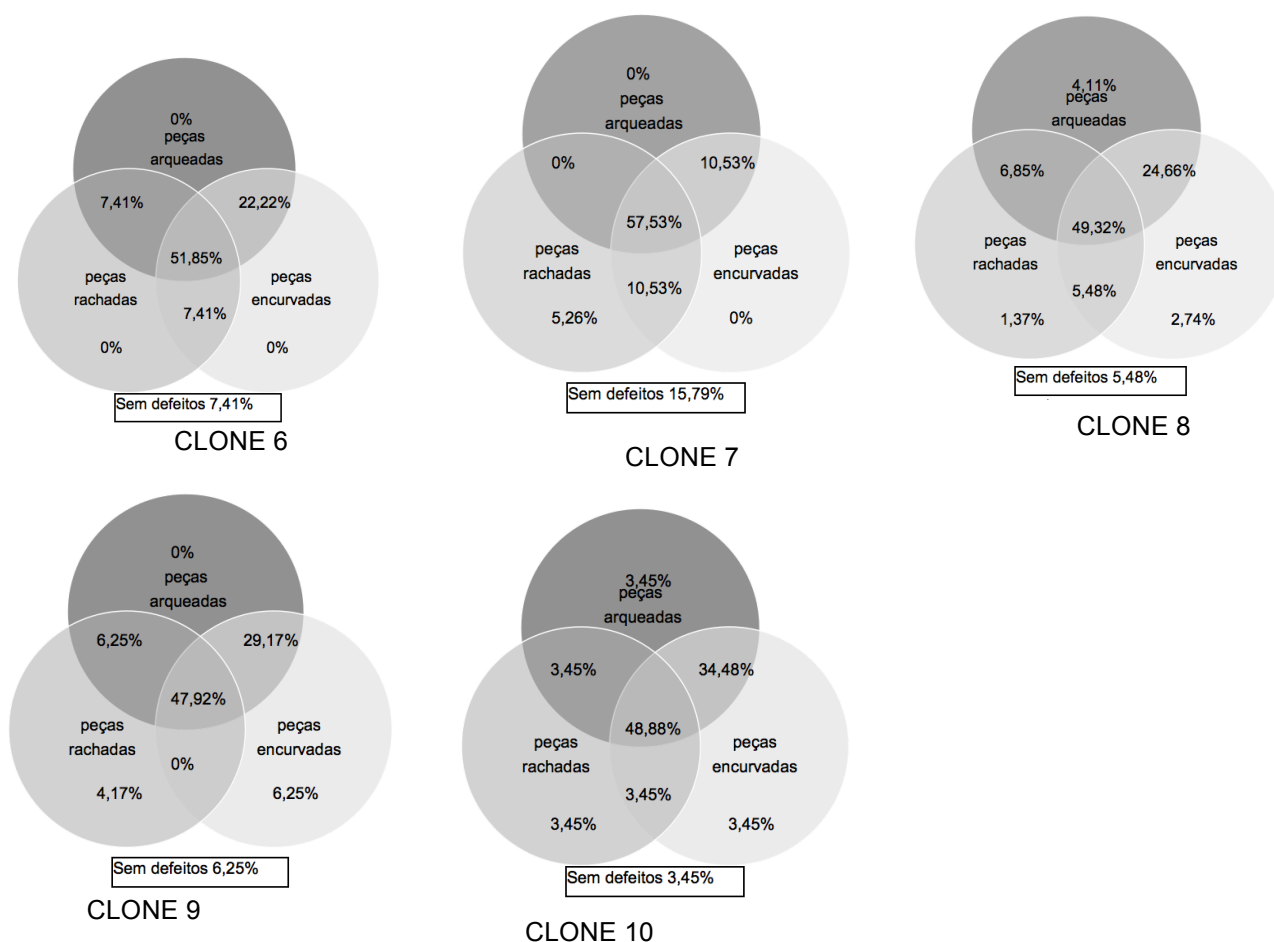


FIGURA 27 – DIAGRAMAS DE VENN PARA CLONES

Os diagramas de distribuição de Venn para *E. saligna* permitem definir um padrão de distribuição dos empenamentos e rachaduras das peças serradas. O padrão geral indica que aproximadamente 50% das tábuas apresentaram simultaneamente encurvamento, rachaduras e arqueamento. Percebe-se que esse exame detalhado é útil. Com uma rápida observação dos diagramas, pode-se notar que os clones apresentam comportamentos diferentes durante o desdobro, pois nota-se que os clones nove e dez tiveram quantidades próximas a 30% de tábuas apresentando arqueamento e encurvamento, e os clones seis e oito, porcentagens próximas a 20% para essa associação. Contudo, o clone sete não seguiu nenhuma

das tendências mostradas acima, apresentando um comportamento totalmente diferente dos demais materiais testados.

Entretanto, a análise isolada dos diagramas pode levar a conclusões com viés, pois os diagramas mostram como as tábuas se distribuem pelos defeitos estudados, mas não indicam quais são as intensidades desses defeitos.

O gráfico 8 apresenta a frequência por qualidade e pode trazer outras informações sobre a qualidade do material dos clones de *E. saligna*.

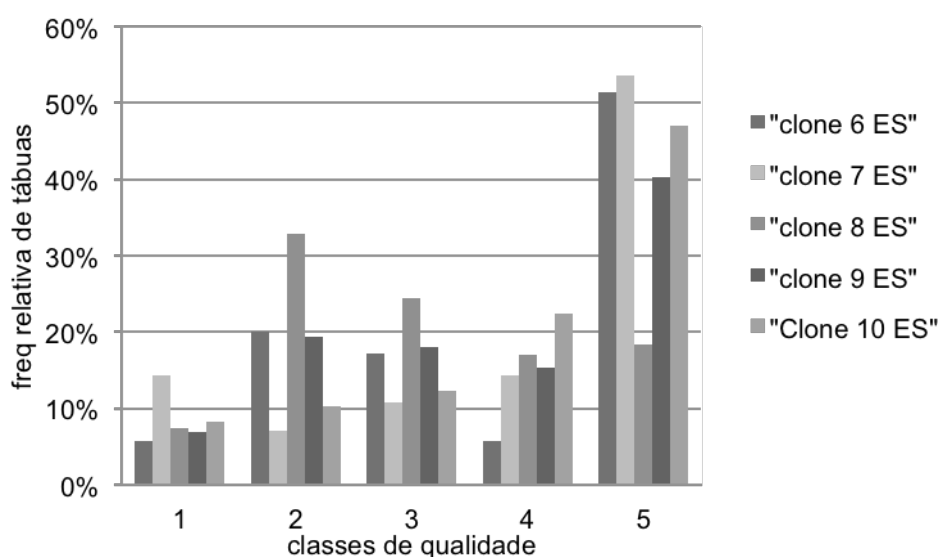


GRÁFICO 7- DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DAS TÁBUAS PELAS CINCO CLASSES DE QUALIDADE DETERMINADAS PELA NORMA NBR 14086, PARA CLONES

O clone 7 apresentou a maior porcentagem de tábuas sem defeitos, no entanto as demais peças serradas desse material apresentaram defeitos de grande intensidade. Por essa razão, esse clone apresentou a maior parte de suas tábuas serradas de qualidade cinco.

O clone com a melhor performance foi o clone oito, que teve mais de 50% de suas tábuas de qualidade dois e três. Os materiais serrados dos clones seis, nove e dez apresentaram resultados muito semelhantes entre si, com mais de 60% das tábuas com qualidade cinco e quatro.

5.7.6 Análise quantitativa dos defeitos para as classes diamétricas de *E. grandis*

Os diagramas da Figura 28 mostram a distribuição da frequência das tábuas para classes de diâmetro das toras de *E. grandis*.

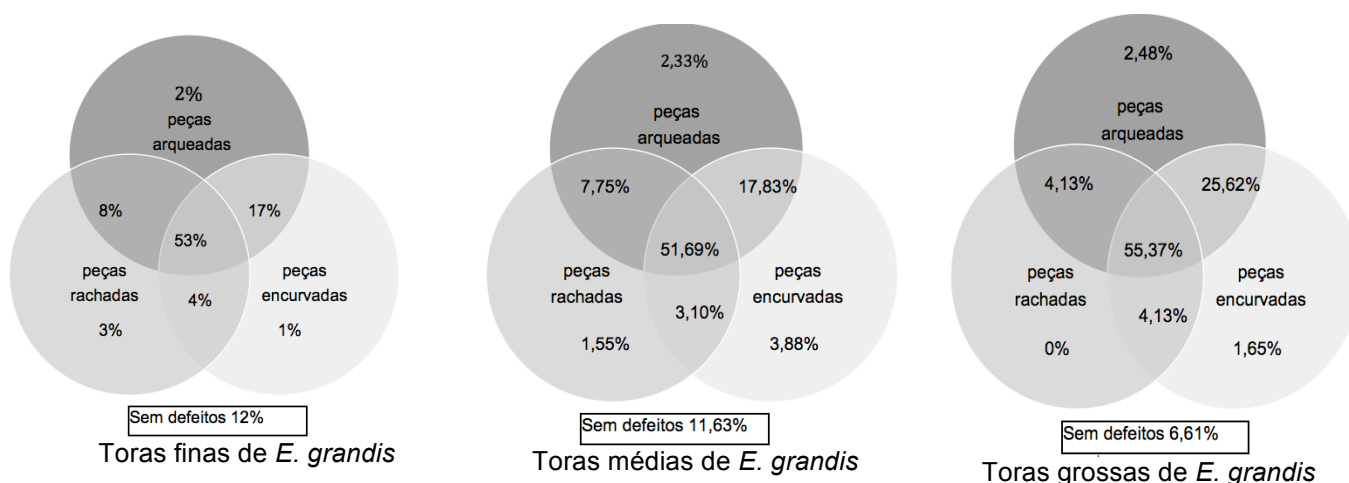


FIGURA 28 – DIAGRAMA DE VENN PARA CLASSES DIAMÉTRICAS

As toras de *E. grandis* seguiram o padrão genérico de que aproximadamente metade do material apresentou rachaduras e empenamentos, seguido de uma porcentagem que variou entre 17 e 25% das peças serradas com encurvamento e arqueamento. As associações entre encurvamento e rachaduras foram presentes em aproximadamente 4% das tábuas, e o rachaduras e arqueamento variaram entre 8 e 4% das peças serradas. Com esses resultados não é possível construir uma relação direta entre a frequência de tábuas pelos defeitos e as classes diamétricas de *E. grandis*.

O diâmetro apresentou influência sobre as porcentagens de tábuas sem defeitos, uma vez que os resultados evidenciam que as toras finas apresentaram uma porcentagem ligeiramente maior se comparadas às toras médias dessa espécie. As toras grossas de *E. grandis* apresentaram apenas 6,6% das tábuas sem defeitos.

O gráfico 8 mostra detalhadamente como as frequências de tábuas se distribuíram pelas classes de qualidade.

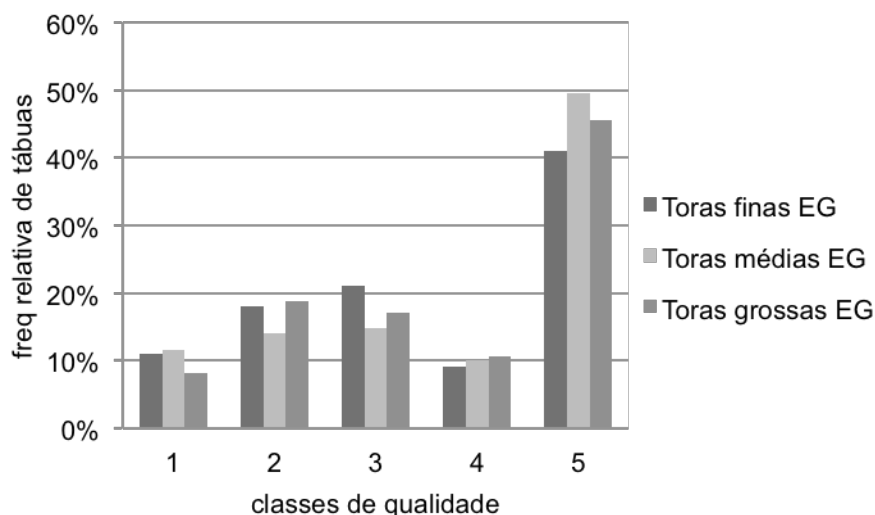


GRÁFICO 8- DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DAS TÁBUAS PELAS CINCO CLASSES DE QUALIDADE DETERMINADAS PELA NORMA NBR 14086, PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS

O gráfico 8 permite verificar que as toras finas obtiveram maior porcentagem de tábuas de melhor qualidade se comparadas às outras duas classes de qualidade. A classe com a pior qualidade foi a classe das toras médias que apresentou metade de sua madeira serrada como qualidade cinco. Já as toras grossas tiveram performance intermediária, com metade do material entre as classes um, dois e três e o restante nas classes de pior qualidade.

5.7.7 Análise quantitativa dos defeitos para os clones de *E. grandis*

Os diagramas da figura 29 mostram detalhadamente a frequência das tábuas pelos defeitos sob o efeito dos clones de *E. grandis*.



FIGURA 29 – DIAGRAMAS DE VENN PARA CLONES

Os clones de *E. grandis* apresentaram uma tendência semelhante entre si. Quatro dos clones dessa espécie tiveram mais de 50% das tábuas com os três tipos de defeitos. O único material que apresentou uma diferença dos demais foi o clone 14 que apresentou aproximadamente 44% das tábuas como três defeitos e 11% delas sem qualquer manifestação de tensão de crescimento. O clone 11 também apresentou a maior quantidade material sem defeitos, com 14% das peças serradas sem defeitos.

A combinação do arqueamento com o encurvamento foi presente nos clones de *E. grandis* em porcentagem que variaram de 11 a 28%, o que evidencia que essa combinação é influenciada pela característica genética do material.

No gráfico 9 pode-se observar a frequência de tábuas por classe de qualidade para os clones de *E. grandis*.

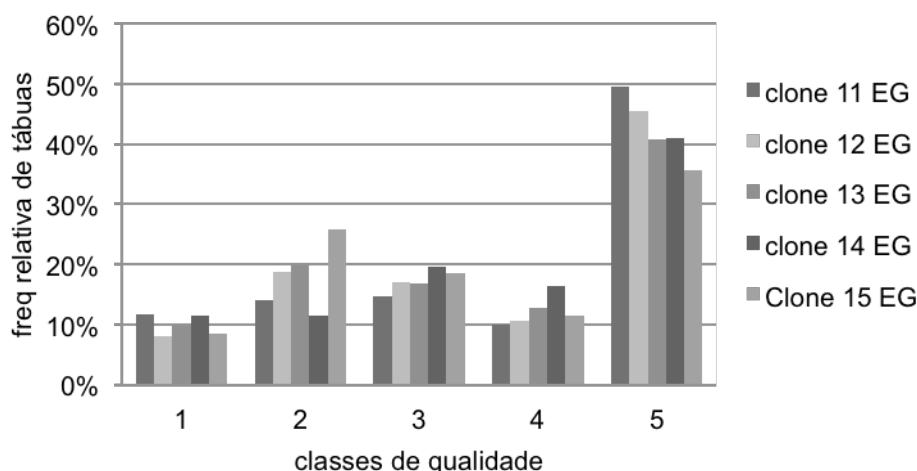


GRÁFICO 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DAS TÁBUAS PELAS CINCO CLASSES DE QUALIDADE DETERMINADAS PELA NORMA NBR 14086, PARA OS CLONES

Nota-se pelo gráfico 9 que a maior parte do material ficou concentrada na classe de qualidade 5. O clone com o material de pior qualidade foi o clone 11, que paradoxalmente tinha a maior quantidade de tábuas sem defeitos, no entanto apresentou a maior quantidade de material de qualidade inferior. Isso se explica porque a intensidade dos defeitos nas tábuas desse clone era maior se comparada com as demais. Nesse clone, as tábuas obtidas nas operações de resserragem usando a serra fita formaram encurvamentos acentuados, o que posicionou as tábuas na classe de qualidade 5.

Os clones com os melhores materiais foram o 14 e o 15, que apresentaram tábuas com os melhores encurvamentos, arqueamentos e rachaduras. O clone 14 apresentou a maior quantidade de tábuas da classe quatro e, o 15, qualidade 5.

5.8 RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SOB INFLUÊNCIA DO CLONE

5.8.1 Avaliação do índice de encurvamento sob o efeito do clone

A Tabela 22 apresenta os resultados dos valores médios do índice de encurvamento para os clones de *E. dunnii*, foi constatado a rejeição da hipótese da nulidade para as médias de índice de encurvamento entre os clones (p-valor 0,021).

TABELA 22 - RESULTADOS DO ÍNDICE DE ENCURVAMENTO (MM/M) PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Índice de encurvamento (mm/m)	Coef de Variação (%)	Comparação de médias Tukey a 5%
<i>E. dunnii</i>	1	3,36	89,36%	A
	2	5,43	73,77%	B
	3	3,69	77,84%	A
	4	3,68	77,33%	A
	5	3,27	76,20%	A

O clone dois diferiu dos demais em relação ao índice de encurvamento, com os demais clones dessa espécie encurvamentos muito próximos, a 3,5 mm/m (Tabela 22). Resultado semelhante é descrito por Trugilho (2002). O autor relacionou um grupo de 14 clones em que, apenas três, apresentaram diferenças significativas em relação ao encurvamento. Já para os autores Silva (2008) e Cardoso Jr *et al.* (2004), não foram percebidas diferenças estatísticas para o encurvamento. Os resultados sugerem que o clone está exercendo alguma influência sobre a manifestação de tensão que gera o encurvamento.

Na Tabela 23 estão mostrados os resultados do índice de encurvamento das tábuas de *E. saligna* separadas por clone.

TABELA 23 – RESULTADO DO ÍNDICE DE ENCURVAMENTO MÉDIO (MM/M) PARA TÁBUAS ORIUNDAS DOS CLONES

Espécie	Clone	Índice de encurvamento médio (mm/m)	Coef. De Variação da média %	Comparação de médias Tukey a 5%
<i>E. saligna</i>	6	3,44	102,76%	A
	7	4,39	111,14%	A
	8	3,22	169,5%	A
	9	3,72	89,40%	A
	10	4,56	69,95%	A

Para *E. saligna*, foi aceita a hipótese da nulidade e não ocorreu diferença estatística entre os clones (p-valor 0,077). Pode-se perceber que o encurvamento das tábuas dessa espécie foi muito mais variável que o das tábuas de *E. dunnii*. A razão para tamanha diferença é explicada pela manifestação quase nula de encurvamento em algumas peças, enquanto que outras apresentavam índices de encurvamento elevados. Como exemplo, os clones 6 e 7 apresentaram os maiores valores máximos desse defeito, com índices de 11 mm/m, 77 mm/m e 14,57 mm/m respectivamente, no entanto algumas peças dos mesmos clones tiveram índice de encurvamento próximo a zero.

Na Tabela 24 estão mostrados os resultados dos índices de encurvamento para *E. grandis*.

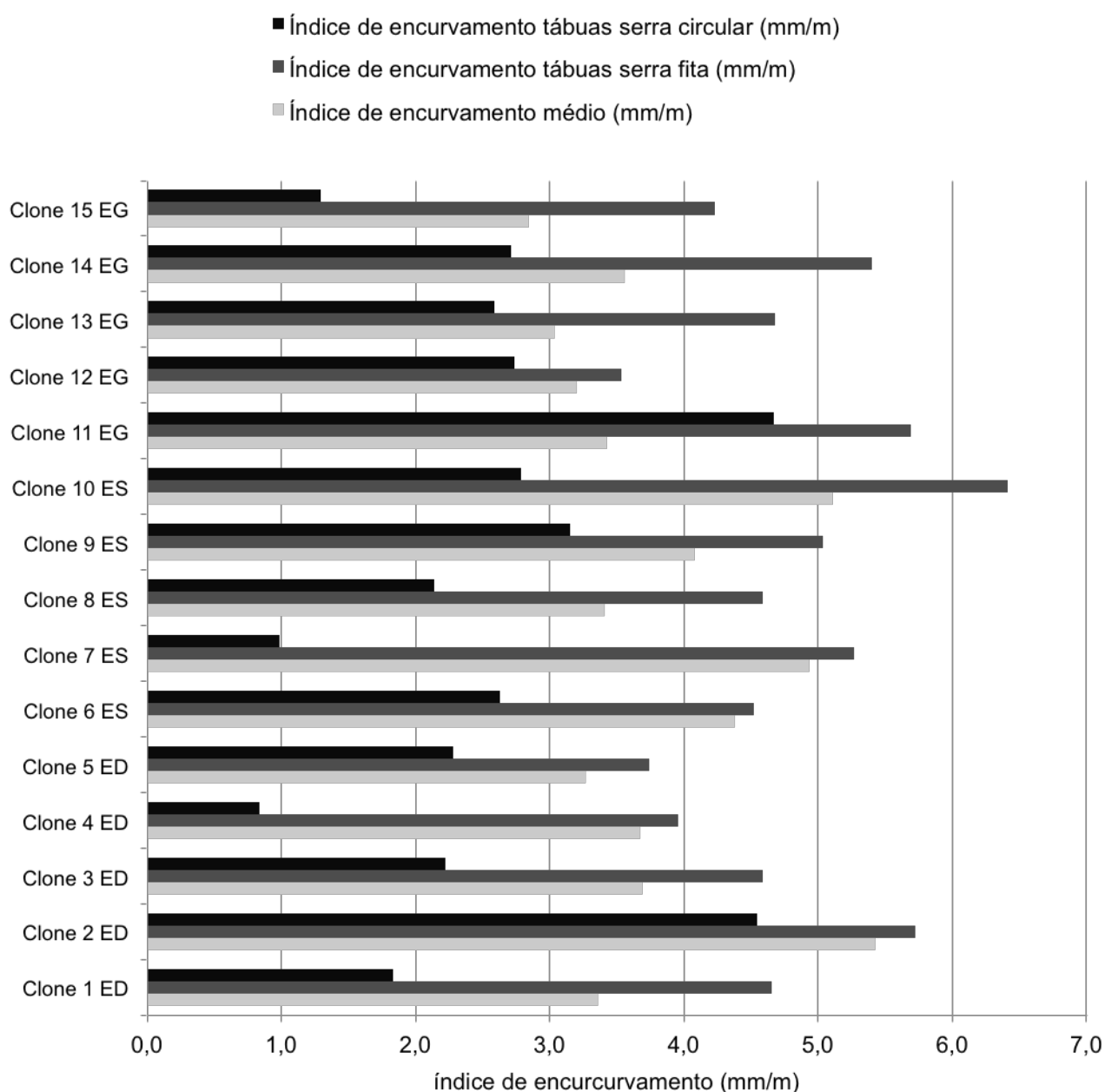
TABELA 24 - RESULTADO DO ÍNDICE DE ENCURVAMENTO MÉDIO (MM/M) PARA TÁBUAS ORIUNDAS DOS CLONES

Espécie	Clone	Índice de encurvamento médio (mm/m)	Coef. De Variação	Comparação de médias Tukey a 5%
<i>E. grandis</i>	11	3,42	92,76%	A
	12	3,20	59,40 %	A
	13	3,04	81,75%	A
	14	3,56	81,81%	A
	15	2,85	80,63%	A

Aceitou-se a hipótese da nulidade (p-valor 0,077) para os índices de encurvamento das tábuas de *E. grandis* e, como ocorreu nas peças de *E. saligna*, a variação entre os resultados foi intensa. O que fez com que a manifestação do encurvamento em *E. grandis* fosse igual nos clones estudados.

5.8.2 Efeito do sistema de resserragem sobre o índice de encurvamento quando o material foi separado por clones.

Nas três espécies, observou-se que o sistema de resserragem de alguma forma afetou os valores de encurvamento. Não se pode ignorar que uma porcentagem de aproximadamente 65% das peças resserradas pela serra circular múltipla pertenciam à parte central da tora. Sabe-se pelas deduções realizadas por Garcia (1995) e pelo estudo de Lisboa (1993) que a posição da peça na tora afeta a flecha de encurvamento. Como ocorre com as peças resserradas, o que pode levar a crer que a posição da peça na tora tem influência sobre o encurvamento. No entanto, não se pode ignorar um dos efeitos em detrimento do outro, ou seja, como os efeitos não foram isolados, deve-se considerar que as diferenças no sistema de resserragem juntamente com a posição da peça na tora influenciaram na manifestação do encurvamento. No gráfico 10, está mostrada as diferenças entre os índices de encurvamento entre as peças serradas separadas por clone.



Legenda- ED- *E.dunnii* ES- *E. saligna* EG – *E. grandis*

GRÁFICO 10 - REPRESENTAÇÃO DOS ÍNDICES DE ENCURVAMENTO MÉDIO DAS TÁBUAS SEPARADAS POR CLONE

Nas três espécies estudadas, como era de se esperar, em todas as toras, as tábuas resserradas com serra fita tiveram encurvamentos maiores que os obtidos por meio de serra circular múltipla. A explicação é bem simples: as peças serradas na periferia da tora foram mais propensas a esse tipo de empenamento, conforme descreve uma vez que suas fibras externas estão sujeitas a encurtamento e suas fibras internas tende a alongar-se (VAZQUES 2001). A largura da tábua pode

influenciar de alguma forma na manifestação do encurvamento, pois a componente da tensão de crescimento será dispersa em dois sentidos. Logo, tábuas mais largas tenderão a ter empenamentos mais complexos (GARCIA, 2005).

Del Menezzi (1999) e Barchet (2001) também notaram a tendência de maiores empenamentos em tábuas da periferia de toras de *E. grandis*, porém esses autores utilizaram-se de outra metodologia para cálculo do encurvamento. Lima *et al.* (2004) analisaram os encurvamentos no sentido medula-casca e também encontraram diferenças entre as posições, no entanto os autores utilizaram uma forma de determinação do encurvamento que difere da norma brasileira, impedindo a comparação direta dos resultados.

Na literatura, percebe-se notadamente uma falta de padronização das informações de encurvamento. Del Menezzi (1999) e Barchet (2001) informam os valores da flecha de encurvamento medida em milímetros, Lima *et al.* (2004) e Garcia (2005) apresentam o encurvamento como resultado do cálculo do flecha de encurvamento (cm), multiplicada pelo quadrado da divisão do comprimento nominal pelo comprimento real. A norma brasileira para a determinação dos índices de encurvamento é aplicada em poucos casos, como em Silva (2008) e Mattos *et al.* (2003), todavia os autores não compararam o comportamento do índice de encurvamento em diferentes posições da tora.

Também não são encontrados dados referentes a comparações dos sistemas de resserragem. Não há relatos de comparações de dados de encurvamento com tábuas obtidas em sistemas de resserragem, com serras circulares *versus* serra de fita.

O semi-bloco que foi resserrado com a serra múltipla era formado por partes do centro da tora e partes próximas à casca. O tecido periférico mais sujeito à tração, ao ser resserrado, apresentou maiores empenamentos, pois como explica Garcia (1995) as células da periferia tendem a encurtar enquanto que as células do centro da tora tendem a alongar-se. Isso provocou um valor menor médio de índice de encurvamento nas peças resserradas com serra múltipla, visto que as tábuas da periferia encurvaram mais do que as do centro da tora. O contrário ocorreu quando a resserragem foi realizada com serra fita horizontal. A madeira mais periférica ao ser seccionada dessa maneira, tem uma porção apoiada na esteira transportadora que fica naturalmente impedida de movimentar-se, já a tábua livre encurva-se à medida que é serrada. Essa diferença entre a resserragem feita em serra circular

comparada à serra fita influenciou nos índices de encurvamento. Todavia a metodologia aplicada à pesquisa não foi capaz de separar os efeitos da posição e do sistema de resserragem. Analisando apenas o efeito do sistema de desdobro, os resultados sugerem que a resserragem realizada com serra circular múltipla apresentou menores índices de encurvamento que os encontrados com serra fita.

Com base nos resultados e na informações reunidas na literatura, pode-se recomendar a pesquisas futuras que padronizem as informações a respeito do encurvamento e construam uma forma de perceber o efeito da resserragem sobre esse tipo de empenamento.

Na comparação entre o índice de encurvamento sob a influência do diâmetro e sob a influência do clone, nota-se que, quando o material foi separado por clone, as médias de encurvamento foram homogêneas. A explicação para isso reside no fato de que, ao separar o conjunto de tábuas de materiais genéticos semelhantes, pode-se agrupar encurvamentos semelhantes fazendo com que os valores convirjam, forçando a igualdade estatística.

5.8.3 Avaliação do índice de arqueamento sob o efeito do clone

Na Tabela 25, estão mostrados os índices de arqueamento médio após o teste de comparação de médias para os clones de *E. dunnii*, estatisticamente verificou-se diferenças entre os clones (p-valor 0,012)

TABELA 25- RESULTADO DOS ÍNDICES DE ARQUEAMENTO MÉDIO (MM/M) PARA CLONES

Espécie	Clone	Índice de arqueamento médio (mm/m)	Comparação de médias Tuckey 5%	Coef. de Variação
<i>E. dunnii</i>	1	1,96	B	127,05%
	2	3,48	A	71,67%
	3	2,10	B	75,55%
	4	2,62	AB	68,61%
	5	2,01	B	66,72%

A manifestação do arqueamento em peças serradas foi bastante variável, sutil em alguns casos e extrema em outros. Isso pode ser verificado ao observar coeficientes de variação da média. Os dados revelam que, em certas toras, há peças que simplesmente não apresentam o defeito. Já em tábuas retiradas do mesmo clone, os arqueamentos foram tão grandes atingindo flechas de alguns

centímetros. Os resultados de índice de arqueamento verificados variaram de zero até 11mm/m no clone 1 e, entre zero e 8 mm/m, no clone 5.

A diferença estatística entre os clones discorda dos relatos de Lima *et al.* (2006) e Silva (2008), mas está de acordo com os resultados de Trugilho (2005). Esse último apresentou diferenças significativas quando estudava as manifestações das tensões de crescimento em clones de *E. dunnii*. Todavia, a comparação com os dados de literatura também não é simples, uma vez que diferentes autores mediram os arqueamentos de formas distintas, impedindo a confrontação direta de resultados. Outra ausência comum nos relatos de outros autores é o coeficiente de variação da média dos empenamentos. Numa mesma tora pode ser encontrados tábuas que não apresentam empenamentos até desvios de vários centímetros. Produzindo coeficientes de variação acima de 80% nos resultados. Os materiais que apresentaram a melhor qualidade tiveram preferencialmente valores baixos de índice de arqueamento com os menores coeficientes de variação. Ou seja, o melhor clone segundo esse critério seria o 5. Esse clone apresenta como vantagens adicionais um baixo valor para o índice de encurvamento e perdas de somente 3% no rendimento causado pelas rachaduras de topo. Logo em seguida, tem-se o clone 4, com índices de encurvamento e arqueamento ligeiramente menores e apenas 0,96% de perdas por rachaduras.

Os resultados da análise de arqueamento dos clones de *E. dunnii* revelam que o clone dois foi o que apresentou os maiores índices desse defeito. Notadamente esse clone apresentou as maiores manifestações de tensão de crescimento, uma vez que apresentou as maiores perdas no rendimento em madeira serrada e os maiores índices de encurvamento. Logo, o material do clone dois revelou-se inadequado para o uso da madeira como fonte de matéria-prima para serraria, pois somente as rachaduras reduziram o rendimento do clone a 32%. Somado ao efeito causado pelo arqueamento, o aproveitamento das toras desse clone ficou bastante prejudicado, uma vez que as peças serradas com esse defeito devem ser reprocessadas para sua utilização final.

O clone com os menores arqueamentos foi o clone um, no entanto foi o que apresentou a maior variação entre os valores máximos e mínimos para esse defeito.

Na Tabela 26, estão apresentados os valores de índice de arqueamento médio para os clones de *E. saligna*. A análise de variância indicou diferenças entre os clones dessa espécie (p-valor 0,017).

TABELA 26 - RESULTADO DOS ÍNDICES DE ARQUEAMENTO (MM/M) PARA CLONES

Espécie	Clone	Índice de arqueamento (mm/m)	Comparação de médias Tuckey a 5%	Coef. de Variação
<i>E. saligna</i>	6	1,96	A	119,68%
	7	1,68	A	112,97%
	8	1,52	A	119,10%
	9	3,46	B	114,02%
	10	3,22	B	129,34%

Em *E. saligna*, os valores do arqueamento foram extremamente variáveis. Pressupõe-se por meio de cálculos que parte das peças serradas da espécie apresentaria arqueamentos de 1 a 3 mm/m, no entanto, em algumas peças, os empenamentos atingiram entre 10 e 12 mm/m, causando uma variação extrema nos valores médios.

Verificou-se que parte das toras apresentava irregularidades nos dados de índice de arqueamento. As toras que já apresentavam rachaduras no clones 1, 2 e 5 tiveram os índices máximos de encurvamento maiores que as demais e valores variando entre 9 mm/m e 14 mm/m. O que sugere que, em toras com rachaduras de topo, originam-se tábuas com maiores valores de arqueamento, o que é concordante com os dados de Telles dos Santos (2002).

Na Tabela 27, são mostrados os valores de índice de arqueamento para *E. grandis*, como nas duas espécies anteriores também foi verificada a diferença entre os índices de arqueamento médio entre os clones, (p-valor 0,012).

TABELA 27 - RESULTADO DOS ÍNDICES DE ARQUEAMENTO (MM/M) PARA CLONES

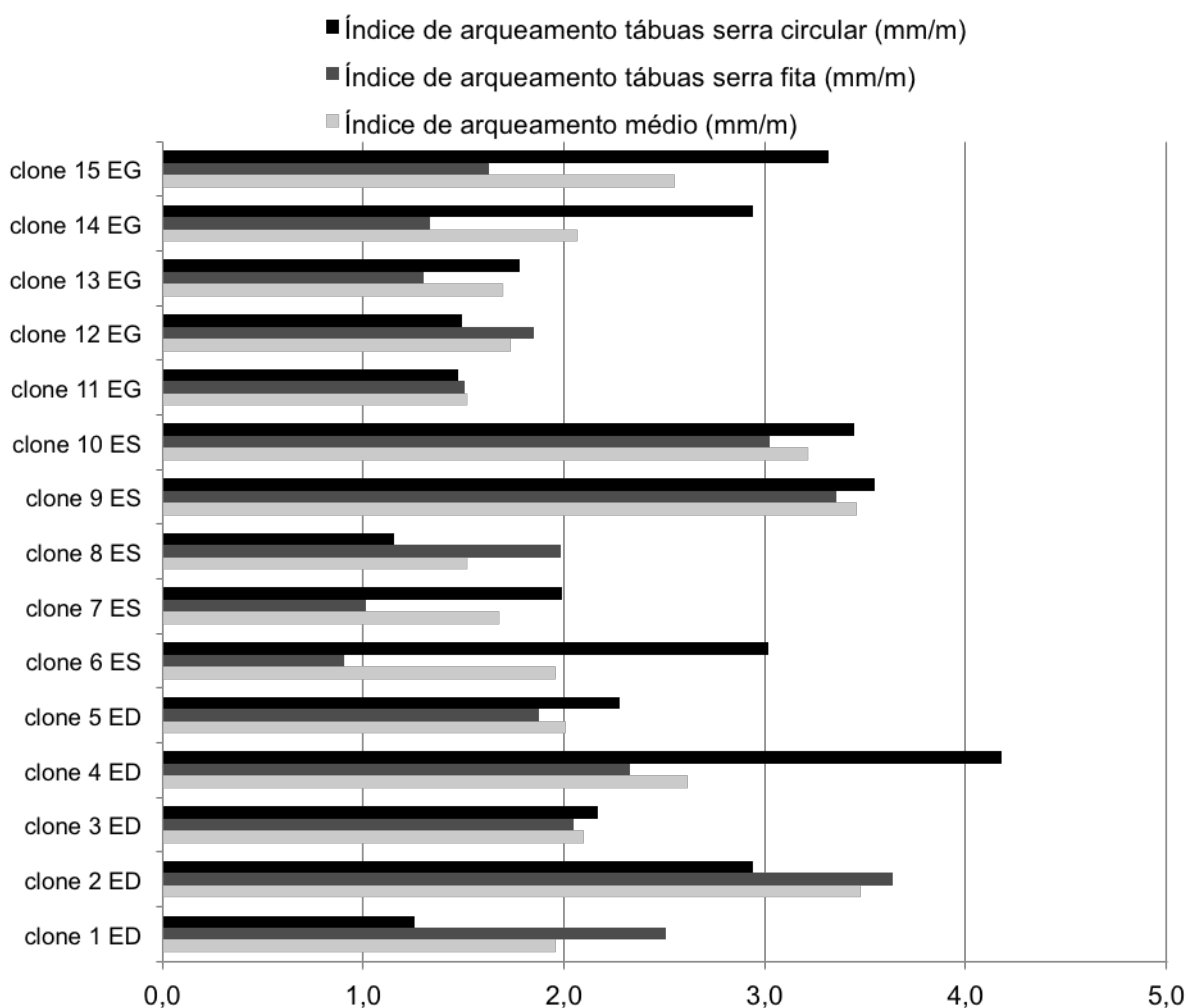
Espécie	Clone	Índice de arqueamento (mm/m)	Comparação de médias Tuckey 5%	Coef. de Variação
<i>E. grandis</i>	11	2,06	A	54,24%
	12	1,57	A	61,88%
	13	1,70	AB	71,40%
	14	2,07	AB	85,08%
	15	2,53	B	75,12%

Diferindo dos dados mostrados por Lima *et al.* (2004), os clones de *E. grandis* apresentaram diferenças estatísticas entre os índices de arqueamento. Os clones com os menores índices foram o 12, 13 e o 11, nesta ordem. O clone 11

apresentou valores de índice de arqueamento mais homogêneos Também se nota um comportamento mais uniforme das tábuas do clone 11 em relação aos demais, pois apresentou menor coeficiente de variação, isso também é revelado ao comparar as perdas por rachaduras das toras dessa origem, pois o clone em questão apresentou os menores reduções no rendimento.

Ao observar o material serrado de *E. grandis*, notou-se que praticamente todas as peças apresentavam algum grau de arqueamento, além disso foi o material com as maiores perdas por rachaduras de topo. Os clones dessa espécie acumularam manifestações de crescimento muito prejudiciais ao aproveitamento da madeira serrada.

O gráfico 11 mostra as diferenças entre os índices de arqueamento das tábuas resserradas com serra circular múltipla e serra fita horizontal.



Legenda- ED- *E.dunnii* ES- *E. saligna* EG – *E. grandis*

GRÁFICO 11- ÍNDICES DE ARQUEAMENTO (MM/M) DAS TÁBUAS RESSERRADAS COM SERRA CIRCULAR MÚLTIPLO E SERRA FITA HORIZONTAL PARA CLONES

Os resultados dos clones de *E. dunnii* para a comparação entre o arqueamento das tábuas dos dois sistemas de resserragem não apresentaram um padrão identificável. Os clones 1 e 2 tiveram as peças resserradas com serra fita mais arqueadas que as obtidas por meio da serra circular múltipla. Já nos demais, ocorreu o inverso, com as peças serradas na serra múltipla com arqueamentos de intensidades maiores. Ao verificar o comportamento dos clones 1 e 2, nota-se que esses foram os clones que apresentaram as maiores perdas de rendimento devido às rachaduras de topo das tábuas. Por outro lado, o clone com as menores perdas no rendimento por rachaduras foi o clone 4, que apresentou comportamento inverso em relação ao arqueamento se comparado aos clones 1 e 2. Em menor medida, os clones 3 e 5 também tiveram reações próximas ao clone 4, ou seja, arqueamentos maiores nas tábuas resserradas com serra circular e menores perdas no rendimento por rachaduras. No outro extremo, estão os clones 1 e 2 com maiores perdas e menores arqueamentos nas peças saídas da serra circular múltipla.

Nos clones de *E. saligna*, percebeu-se que os arqueamentos foram maiores nas tábuas resserradas a partir da serra circular múltipla, com exceção das toras do clone 8 que tiveram arqueamentos maiores nas tábuas obtidas a partir das serras de fita horizontais. Percebe-se a influência do material genético sobre a manifestação do arqueamento. Observando os dados dos clones 8 e 6, pode-se estabelecer a hipótese de que diferentes clones apresentaram diferenças na forma da manifestação das tensões (Gráfico 28).

Os clones 13, 14 e 15 apresentaram o mesmo comportamento em relação ao sistema de resserragem, com as peças da serra circular com maiores arqueamentos se comparadas a serra fita. O clone 11 e 12 tiveram comportamentos diferentes uma vez que os índices de arqueamento nos dois sistemas de resserragem foram muito próximos.

5.8.4 Avaliação dos índices de rachadura sob o efeito do clone

Na Tabela 28, estão mostrados os índices de rachaduras para os clones de *E. dunnii*.

Tabela 28 - Resultados dos índices de rachaduras médios (cm/m) para os Clones

Espécie	Clone	Índice de rachaduras (cm/m)	Comparação de médias	Coef. de Variação
<i>E. dunnii</i>	1	7,40	A	144,72%
	2	14,14	B	140,04%
	3	7,29	A	144,58%
	4	7,25	A	162,50%
	5	6,07	A	127,64%

O clone 2 apresentou o maior nível de tensões manifestadas pela formação das rachaduras de topo nas peças rachadas, (p-valor 0,001). Os demais materiais testados apresentaram valores estatisticamente iguais para esse índice. Esse resultado está de acordo com as observações realizadas por Trugilho (2005). Entretanto, o resultado relevante sobre os índices de rachadura não está mostrado nas médias, mas sim no coeficiente de variação da média. Esses valores explicam a razão de autores como Silva (2008), entre outros, não encontrarem diferenças estatísticas entre os diferentes índices de rachadura, uma vez que existem peças serradas que não apresentam qualquer rachadura e/ou rachaduras diminutas inferiores a cinco centímetros. Há tábuas que simplesmente partem-se em duas, o que explica os elevados valores do coeficiente de variação. Logo, trata-se de um defeito que merece grande atenção devido ao seu potencial de inutilizar madeira. Somente observando o valor médio, o resultado pode conter um viés que não é interessante do ponto de vista prático.

5.8.5 Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de *E. dunnii*

A análise mais comum realizada sobre o índice de rachaduras é a comparação de médias, todavia essa forma de avaliação apresenta uma limitação, porque não informa a quantidade de peças rachadas, pois baseia-se apenas no tamanho médio do defeito. A fim de enriquecer o exame das rachaduras, foram construídos histogramas de frequência das rachaduras nas tábuas a fim de definir a porcentagem de tábuas com rachaduras e de que tamanho eram. Essa ferramenta auxiliar possibilita, na prática, exprimir a porcentagem de tábuas rachadas por tamanho de rachadura, o que permite determinar qualidades diferentes de materiais serrados, pois clones melhores apresentaram maiores porcentagens de tábuas sem rachaduras ou com rachaduras pequenas.

Esses resultados estão apresentados nas figuras 30, 31 e 32 , que serão discutidos ao longo do texto, os quais explicam com mais detalhes a manifestação das rachaduras. A premissa de construção dos gráficos foi que cada clone apresenta sua própria distribuição de frequências, pois alguns materiais apresentaram rachaduras diminutas, enquanto noutros surgiram defeitos que inviabilizaram a utilização da madeira devido a intensidade do mesmo. Por essa razão, a construção dos gráficos estabeleceu cinco classes de tamanho de rachaduras para cada clone. O princípio de construção utilizou como base a maior rachadura do clone, a partir dela foram estabelecidos cinco intervalos de tamanho de rachadura. Logo, os intervalos são individualizados para cada clone.

A frequência das rachaduras em cada clone de *E. dunnii* pode ser visualizada na figura 30, o tamanho das rachaduras é dado em cm.

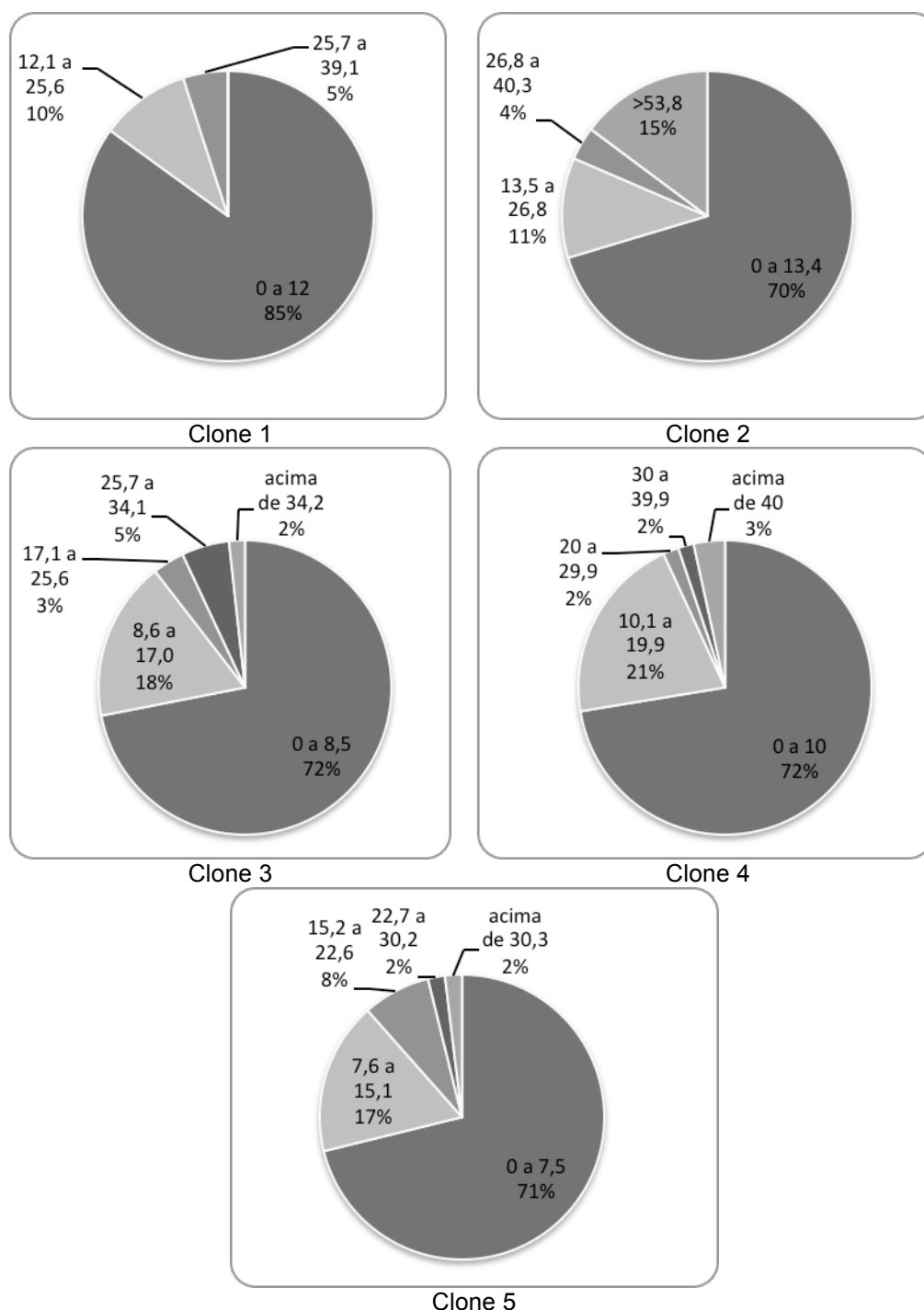


FIGURA 30 - FREQUÊNCIA DE TÁBUAS RACHADAS POR TAMANHO DE RACHADURA DOS CLONES

No clone 1 observa-se que mais de 80% das tábuas dessa origem tiveram rachaduras que podem ser consideradas pequenas se comparadas à maior rachadura encontrada no material serrado do clone. Ao observar os resultados, pode-se perceber a influência que média sofreu das rachaduras mais longas, uma

vez que o histograma de frequência indica que a maior parte das tábuas apresenta rachaduras pequenas, no entanto um ou duas peças serradas que produzem resultados expressivos elevam o valor médio do índice de rachadura. As rachaduras acima de 39,1cm/m representaram menos de 5% das tábuas do clone, mas forçaram a média do clone para cima e ocasionando grande variabilidade nas observações.

Pode-se compreender a média elevada de índice de rachaduras do clone 2. Nota-se que quase 30% das peças serradas desse clone apresentavam rachaduras variando entre 13,5 a 53,8 cm/m, provocando a mais elevada média do índice entre os materiais de *E. dunnii*. Inegavelmente as tensões liberadas durante o desdobro desabonam seu uso como matéria-prima para serrarias. Essa conclusão já poderia ter sido tomada quando se calculou as perdas causadas pelo destopo. No entanto, com o uso do gráfico 31, é possível indicar a origem das perdas, como também é possível notar que o clone apresentou mais de 10% das suas peças serradas com severas rachaduras.

Verifica-se no clone 3 a redução do tamanho das rachaduras se comparado aos clones 1 e 2. Adicionalmente percebe-se que poucas peças, menos de 8%, tiveram rachaduras que podem ser consideradas severas. No entanto, essas poucas tábuas contribuíram na elevação do valor da média do clone. Considerando apenas a análise estatística das médias, admite-se que o clone 3 foi semelhante ao clone 2 quanto ao índice de rachaduras. Todavia, ao se aprofundar na análise dos resultados, a frequência das tábuas rachadas e o tamanho da maior parte das rachaduras apontam que o clone 3 apresentou menores rachaduras que o clone 1.

O mesmo padrão de resultado visto no clone 3 é repetido nos clone 4 e 5, ou seja, muitas tábuas com pequenas rachaduras (mais de 70%) e poucas com rachaduras severas (acima de 20 cm/m). Isso reforça a que, ao se apenas a média, não se terá a exata medida das rachaduras das tábuas. A conclusão é reforçada pela comparação estatística das médias. Apenas o clone 2 é diferente dos demais. Os outros quatro materiais são reduzidos a um grupo só, mas, ao observar a frequência e o tamanho das rachaduras, a performance quanto ao índice de rachaduras pode ser melhor definida em ordem decrescente, como clone 2, 1, 4, 3 e 5, sendo que o clone 2 teve o maior número de tábuas rachadas com as rachaduras mais longas, e o clone 5 com a menor porcentagem de tábuas rachadas e com as menores rachaduras de todos os materiais de *E. dunnii*.

5.8.6 Análise dos índices de rachadura para os clones de *E. saligna*

Na Tabela 29 estão apresentados os índices de rachaduras para os clones de *E. saligna*

TABELA 29 - RESULTADOS DOS ÍNDICES DE RACHADURAS MÉDIO (CM/M) PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Índice de rachaduras (cm/m)	Comparação de médias	Coef. de Variação
<i>E. saligna</i>	6	12,63	A	69,06%
	7	16,78	A	92,05%
	8	8,51	A	87,99%
	9	10,97	A	62,04%
	10	7,61	A	77,53%

A análise estatística dos rachaduras dos clones de *E. saligna* aceitou a hipótese da nulidade (p-valor 0,759), considerando todos os clones estudados, tendo médias iguais para um nível de significância de 5%, embora numericamente os valores de índice de rachaduras sejam díspares, os clones foram semelhantes em termos de índice de rachaduras. No entanto pode-se diferenciar os clones analisando a frequência das rachaduras nas tábuas.

5.8.7 Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de *E. saligna*

A figura 31 mostra as de frequência de rachaduras para os clones de *E. saligna*, o tamanho das rachaduras é dado em cm.

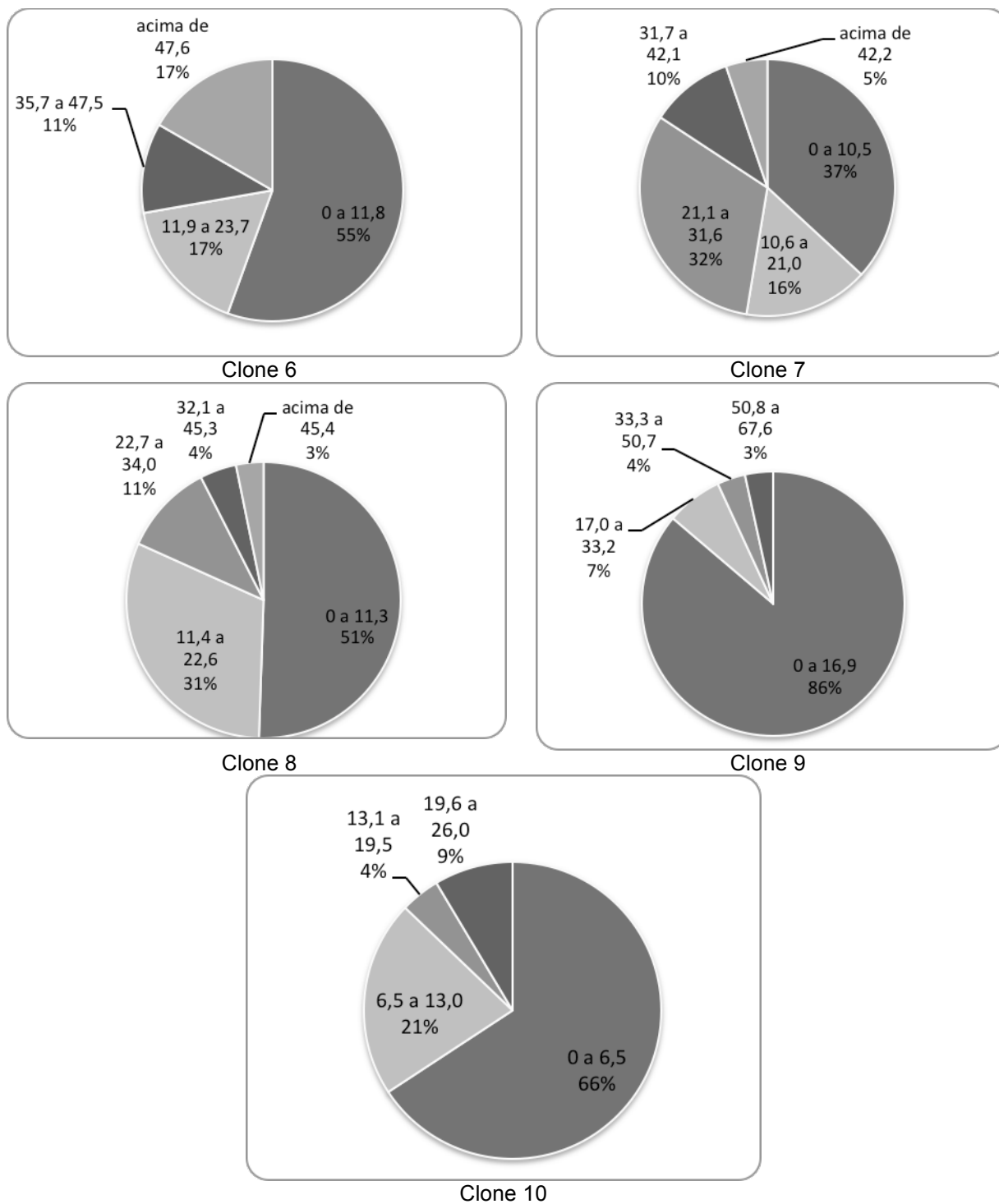


FIGURA 31- FREQUÊNCIA DE TÁBUAS RACHADAS POR TAMANHO (CM) DE RACHADURA DOS CLONES

Observa-se que mais da metade das tábuas do clone 6 apresentam rachaduras entre 0 e 23cm/m e aproximadamente 25 das peças apresentam rachaduras mais severas.

A distribuição das rachaduras ocorreu de forma diferente do clone 6; no clone 7 o número de tábuas com rachaduras pequenas foi muito semelhante à quantidade de peças com rachaduras que variavam entre 21 e 31 cm/m. O que mostra que esse material, apresentou menor quantidade de peças rachadas se comparado ao clone 6.

A de frequência das tábuas nos clones 9 e 10 de forma semelhante, com a maior parte delas nas classes com menores índices de rachadura. Comparando os dois clones, nota-se que o de número clone 10 teve as rachaduras menores, sendo que nesse grupo a peça serrada com o maior índice de rachadura tinha 32,55 cm/m, enquanto que no clone 9 esse valor foi de 56, 52 cm/m.

O clone 9 apresentou a tábua com maior índice de rachadura de todo o estudo com 84,12cm/m. Essa peça isoladamente elevou a média do clone, aumentando também a amplitude das classes de índice de rachadura. Ao observar as demais tábuas desse clone, verificou-se que mais 80% delas apresentaram rachaduras inferiores a 16,7 cm/m, pode-se considerá-las pequenas se comparadas às demais.

Com base na análise estatística, juntamente com a análise das frequências, pode-se estabelecer que a ordem decrescente do clone, (ou seja do pior para o melhor), com as maiores rachaduras e com a maior quantidade de peças com esse defeito, foi a seguinte: 7, 6, 9, 8 e 10.

5.8.8 Análise dos índices de rachadura para os clones de *E. grandis*

Na Tabela 30 estão os de índice de rachaduras para os clones de *E. grandis*.

TABELA 30 - RESULTADOS DOS ÍNDICES DE RACHADURAS MÉDIO (CM/M) PARA OS CLONES

Espécie	Clone	Índice de rachaduras (cm/m)	Coef. de Variação	Comparação de médias
<i>E. grandis</i>	11	23,47	98,41%	B
	12	7,83	83,12%	A
	13	13,13	73,09%	A
	14	9,21	76,83%	A
	15	10,74	81,10%	A

Rejeitou-se a hipótese da nulidade, ou seja, um dos clones foi diferente dos demais em relação ao índice de rachaduras das tábuas (p -valor 0,001). O clone 11 diferiu dos demais, apresentando os maiores valores desse defeito. Já o clone 12 seguido do clone 14 apresenta os valores mais baixos do índice de rachadura.

5.8.9 Análise da frequência dos índices de rachadura para os clones de *E. grandis*

As frequência do número de tábuas rachadas e o tamanho das rachaduras dos clones de *E. grandis* podem ser vistas na figura 31, rachaduras medidas em cm.

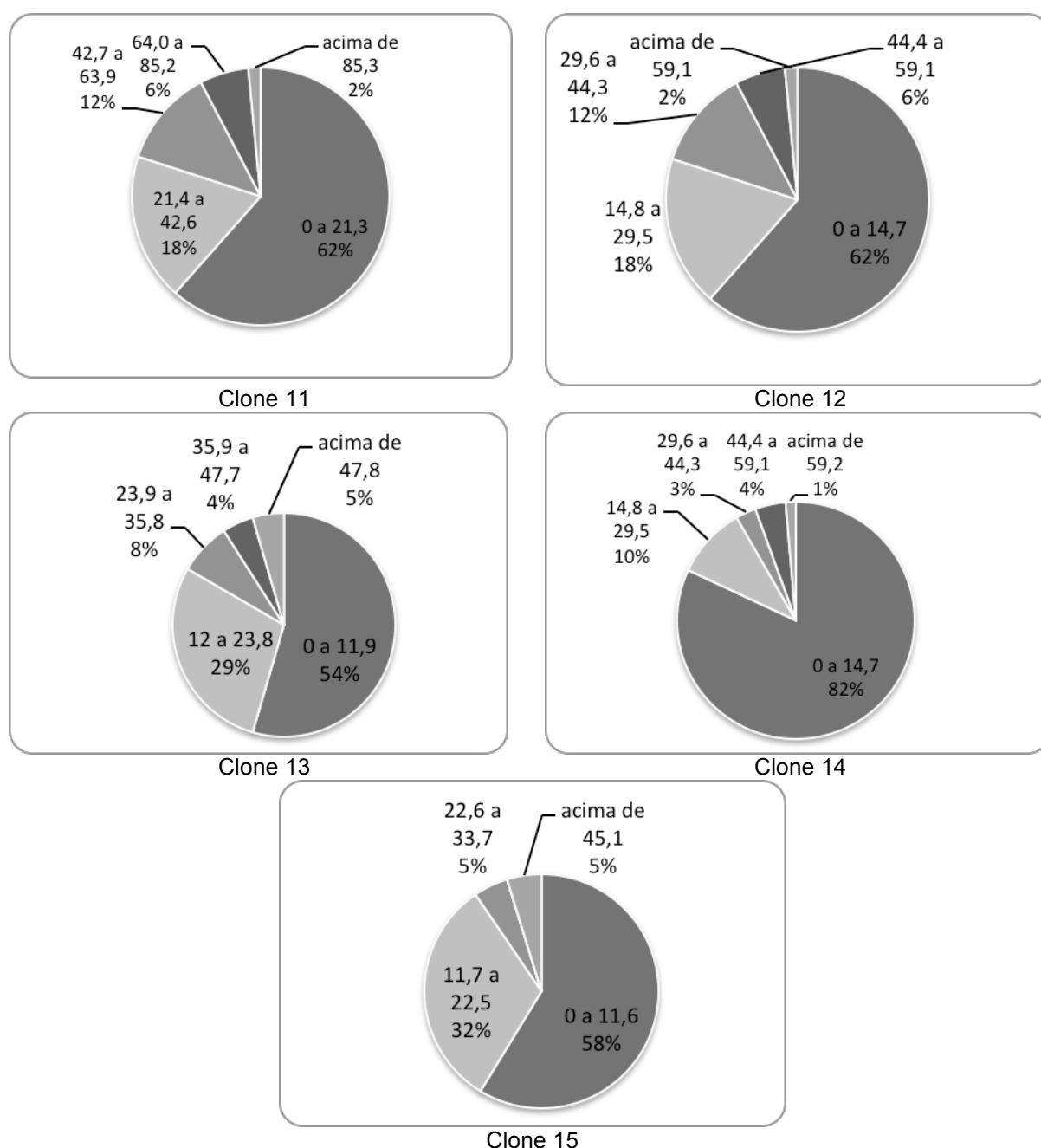


FIGURA 32 - FREQUÊNCIA DE TÁBUAS RACHADAS POR TAMANHO (CM) DE RACHADURA DOS CLONES

Observa-se que o clone 11 de *E. grandis* apresentou as maiores rachaduras de todos os materiais estudados, sendo que a peça mais defeituosa apresentou um índice de rachadura que superava 123 cm/m. Essa tábua praticamente partiu-se em duas logo após o desdobro.

No entanto, as demais peças serradas deste clone apresentaram rachaduras de menores proporções, ficando 60% delas com índices de rachadura abaixo de 20 cm/m. A madeira do clone 11 caracterizou-se por pouco mais de 60% do material com rachaduras relativamente pequenas, e aproximadamente 15% com os maiores índices desse defeito. Isso provocou uma acentuada variação no valor de rachadura que não é totalmente explicado pela média do clone.

O clone 12 apresentou mais de 60% das peças serradas com rachaduras entre 0 e 14 cm/m, as demais foram distribuídas entre 14 e 59 cm/m, sendo que apenas 3 (1,54%) tábuas apresentaram valores acima disso. Esse material apresentou rachaduras pequenas, sendo que a maior delas não atingiu 55 cm/m. Todos os outros clones desta espécie superaram em muito essa marca.

No clone 14 a distribuição das peças rachadas esconde o fato de que nesse material praticamente todas as tábuas apresentaram rachaduras, sendo que apenas 6 das 88 peças serradas não tinham o defeito. Apesar disso, as rachaduras foram abaixo de 14,7 cm/m em sua maioria e menos de 10% das tábuas tiveram rachaduras acima de 29,6 cm/m.

Os clones 15 e 13 apresentaram comportamento semelhante, sendo que em ambos pouco mais de 50% das tábuas apresentaram rachaduras de até 11 cm/m e, entre 25 e 30% das peças, com índices que variavam entre 11 e 23 cm/m. Todavia, numericamente, a média do clone 13 foi superior ao 15. Isso ocorre porque a maior rachadura desse clone atingiu 67 cm/m, contra 53 cm/m do clone 15, elevando a média do material e reforçando a ideia de que a média do índice de rachaduras foi sensivelmente afetada por valores extremos.

A classificação dos clones conforme a média do índice de rachadura e frequência do tamanho das rachaduras revela que a ordem dos materiais foi a seguinte: clones 11, 14, 12, 13 e 15. Pode-se atribuir essa ordem ao número de tábuas defeituosas e ao índice de rachaduras.

5.8.10 Considerações sobre a análise de frequência dos índices de rachadura por clones

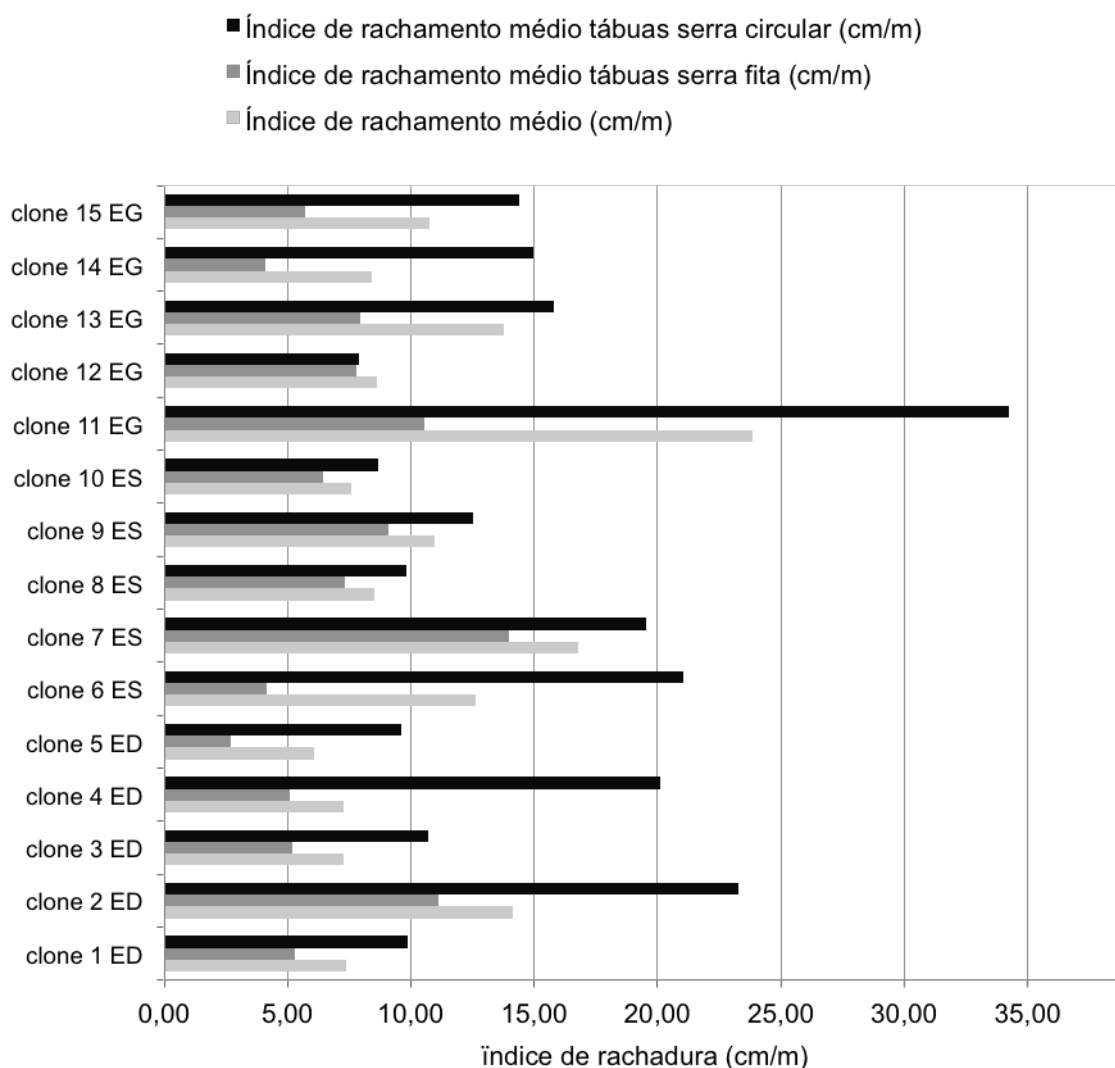
Como observado nos resultados, a variação do índice de rachadura numa mesma tora provoca um elevado valor do coeficiente de variação. Isso porque, na maioria das peças serradas, os valores de rachadura foram pequenos (gráficos 35 a 41). Não raro na mesma tora, pode-se obter uma ou duas peças com rachaduras que superam três vezes o valor médio do índice de rachadura.

Trugilho (2005) e Beltrame (2012) perceberam diferenças estatísticas entre valores de tensão de crescimento quando compararam clones de *Eucalyptus* e concluíram que a tensão de crescimento é fortemente controlada pelo fator genético. Assim, era de se esperar que clones apresentassem diferenças para o índice de rachaduras em tábuas, pois o defeito é resultante das manifestações das tensões. Mas não é o que ocorre nos trabalhos de Telles dos Santos (2002) e Silva (2008). Os autores verificaram as diferenças, mas não encontraram valores de hereditariedade para o índice de rachaduras. Pode-se indagar a razão para tal fato, uma vez que o controle genético está presente porque o valor de hereditariedade do índice de rachaduras é nulo. A hereditariedade é calculada com base na variação ocorrida dentro do clone, pela razão da variação entre a população base. Uma vez que a variação dentro do clone é alta, o valor de hereditariedade, se comparado a um valor de referência, será baixo ou não significativo. Os dados apresentados por essa pesquisa resolvem em parte tal indagação, uma vez que demonstram que o valor médio do índice de rachaduras encontra-se influenciado por uma variação extrema, prejudicando a forma de avaliação.

Autores como Trugilho (2005) e Lisboa (2003) afirmam que as rachaduras das tábuas de *Eucalyptus* está sob algum tipo de efeito genético. Os resultados confirmam essa alegação, como também apresentam alguma luz sobre a baixa herdabilidade dessa característica, pois indicam que alta variabilidade do índice de rachaduras debilita o cálculo do índice de herdabilidade.

5.8.11 Efeito do sistema de resserragem sobre o índice de rachadura sob o efeito do clone

Quanto ao efeito da resserragem, pode-se visualizar os resultados nos gráfico 12.



LEGENDA- ED- E.DUNNII ES- E. SALIGNA EG – E. GRANDIS

GRÁFICO 12- ÍNDICES DE RACHADURAS DAS TÁBUAS RESSERRADAS COM SERRA FITA HORIZONTAL E SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA PARA OS CLONES

Observa-se no gráfico 12 que as tábuas resserradas com serra circular apresentaram rachaduras maiores que as obtidas por meio de serra fita horizontal. Os resultados mostraram que as espécies reagiram de modo distinto ao sistema de rachaduras. Em *E. dunnii*, foram encontradas as maiores diferenças entre os sistemas de resserragem, se comparadas às outras duas espécies. A serra circular apresentou valores maiores que o dobro dos obtidos com serra fita. Os clones que

apresentaram as maiores diferenças entre os sistemas de resserragem foram o 2 e o 4 para *E. dunnii*, o clone 6 de *E. saligna* e o 11 de *E. grandis*. Essa informação já era esperada conforme pode ser visto no trabalho de Garcia (1995). Segundo o autor, a madeira proveniente do centro da tora encontrava-se sob esforços de compressão quando a árvore estava em pé. No momento do corte, essa força cessa e os elementos celulares dessa região tendem a expandir-se. Por sua vez, as regiões periféricas que encontravam-se sob tensão de tração vão apresentar o comportamento inverso, e as células da madeira vão encurtar após a derrubada. Logo, as regiões junto da medula tenderão a rachar e as partes próximas à casca terão tendência ao empenamento. A explicação dada por Garcia (1995) é clara o bastante para explicar os resultados. Todavia Lima *et al.* (2004), estudando rachaduras em diferentes partes da tora, encontraram resultados que vão na direção oposta. As tábuas mensuradas pelos autores tiveram rachaduras maiores nas posições mais distantes da medula, se comparadas às posições do centro da tora.

Os resultados diferem das observações feitas por Lima *et al.* (2004). Os autores estudaram as rachaduras das tábuas serradas a partir de toras de *E. grandis* de 20 anos que passaram por desbastes, e calcularam o índice de rachadura das tábuas verdes (IRTV), com base na soma das rachaduras pelo número de peças serradas por tora.

A influência do posicionamento da tábua na tora é presente nos resultados, mas os resultados apontam para uma evidência de que o sistema de resserragem potencializou essas diferenças. Não há como separar de maneira precisa o efeito do sistema de resserragem do posicionamento da tora, devido ao arranjo experimental utilizado. Os resultados de Lima *et al.* (2004) colaboram com essa teoria. Os autores utilizaram apenas a resserragem com serra circular e o efeito do posicionamento foi isolado, resultando em rachaduras maiores na porção próxima à casca. Logo, os autores concluíram que tábuas retiradas dessas posições acumularam tensões que, no momento do desdobro, foram prejudiciais à qualidade da madeira serrada. A intensidade das rachaduras relatada pelos autores é próxima às rachaduras observadas no gráfico 12.

5.9 COMPARAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE DRL ENTRE AS ESPÉCIES

O teste de Bartlett comprovou que houveram condições mínimas para a aplicação da técnica da ANOVA, quando comparadas às espécies, aos diâmetros e aos clones no estudo da DRL.

A análise de variância entre as espécies constatou evidência de diferença significativa entre as médias de DRL mensuradas entre as espécies (p-valor 0,023),

Na comparação de média, verificou-se que as médias de DRL para *E. dunnii* e *E. saligna* foram semelhantes e, ao mesmo tempo, *E. saligna* foi semelhante a *E. grandis* (Tabela 31).

TABELA 31 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE DRL PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS

Espécie	Média DRL (mm)	Comparação de médias Tuckey 5%
<i>E. dunnii</i>	0,1183	A
<i>E. saligna</i>	0,1276	AB
<i>E. grandis</i>	0,149	B

A vantagem da técnica é evidente pela sua rápida utilização e confiabilidade. Em um espaço curto de tempo, foi possível avaliar um grande conjunto de árvores com danos pequenos às plantas. A técnica ainda revelou que as plantas de *E. grandis* apresentaram os maiores valores de DRL, o que é compatível com os valores encontrados por Beltrame (2012), para híbridos de *Eucalyptus* derivados de *E. urophylla* x *E. grandis*, com 8 anos de idade, plantados em espaçamento 3x3.

No gráfico 13 pode-se visualizar com mais clareza os valores de DRL para as três espécies.

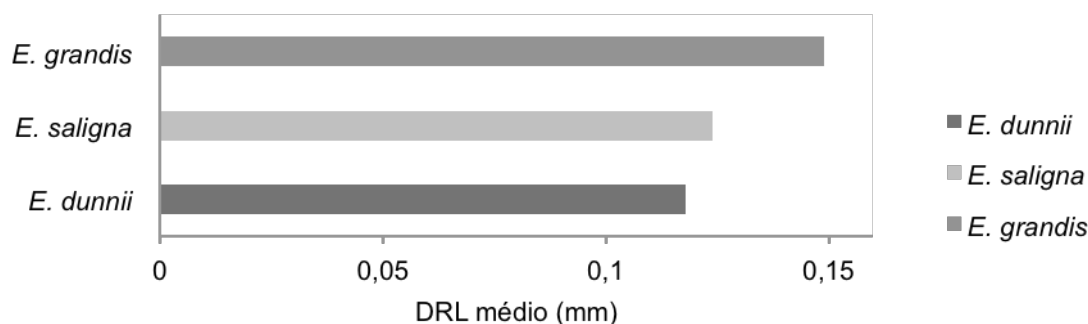


GRÁFICO 13 - DIFERENÇAS ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE DRL DAS ESPÉCIES.

Já se esperavam as diferenças dos valores de DRL entre as espécies com base nas constatações de Trugilho (2006), que encontrou diferenças ao mensurar as tensões de plantas de origens diferentes. No entanto, os valores encontrados foram superiores aos verificados na literatura.

O quadro faz uma comparação direta dos valores DRL calculados para as espécies e os valores da literatura.

Autor	Ano	DRL
		(mm)
Beltrame <i>et al.</i>	2012	0,11
Cardoso jr	2004	0,085
Cardoso jr	2004	0,087
Cardoso jr	2004	0,081
Cardoso jr	2004	0,083
Cardoso jr	2004	0,078
Cardoso jr	2004	0,085
Cardoso jr	2004	0,077
Gonçalves	2006	0,113
Gonçalves	2006	0,158
Gonçalves	2006	0,136
Lima <i>et al.</i>	2004	0,058
Lima <i>et al.</i>	2004	0,073
Lima <i>et al.</i>	2004	0,079
Lima <i>et al.</i>	2004	0,049
Lima <i>et al.</i>	2004	0,095
Munier <i>et al.</i>	1999	0,071
Munier <i>et al.</i>	1999	0,077
Nicholson	1971	0,031
Pádua <i>et al.</i>	2004	0,076
Pádua <i>et al.</i>	2004	0,074
Pádua <i>et al.</i>	2004	0,083
Pádua <i>et al.</i>	2004	0,069
Rodrigues <i>et al.</i>	2002	0,081
Souza	2002	0,09
Trugilho <i>et al.</i>	2002	0,107
Trugilho <i>et al.</i>	2002	0,113
Trugilho <i>et al.</i>	2002	0,111
Trugilho <i>et al.</i>	2002	0,114
<i>E. dunnii</i>	neste trabalho	0,118
<i>E. saligna</i>	neste trabalho	0,124
<i>E. grandis</i>	neste trabalho	0,149

QUADRO 2 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DE DRL ENCONTRADOS NA LITERATURA E CALCULADOS PARA AS ESPÉCIES ESTUDADAS

O resultado da DRL indica que *E. grandis* acumulou mais tensão das três espécies testadas, correlacionando esse resultado com outras observações realizadas nessa pesquisa notou-se essa espécie apresentou as tábuas com as maiores rachaduras, também ocorreu nessa espécie os maiores índices de

rachadura. Para *E. grandis* o valor médio de DRL foi de 0,149 e o índice de rachaduras 13,798 cm/m, em *E. dunnii* a DRL 0,1183 mm com índice de rachadura 10,874 cm/m. A relação entre os resultados dá evidência que a DRL é um método simples e rápido para determinar as consequências das tensões de crescimento. A relação entre a DRL e outras variáveis estudadas.

5.10 COMPARAÇÃO DA DRL SOB INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO

Não foram verificadas diferenças nos valores de DRL entre as classes diamétricas (p-valor 0,381), o que mostra que os níveis de tensão foram semelhantes nas classes estudadas. Essa observação está contrariando as observações realizadas por Trugilho (2005), que relata diferenças nos valores de DRL para o clone 11 de *E. dunnii*. Beltrame (2012) também notou uma fraca relação entre o diâmetro e a DRL, no entanto o autor relata redução do valor da DRL com o aumento do diâmetro, contradizendo o estudo apresentado por Trugilho (2005). Já no trabalho de Munier (2000), há relato da influência do diâmetro sobre a DRL. Os dados apresentados não confirmam as relações apresentadas por outros autores. Parte dessa discordância pode se atribuir a diferenças de local, idade, espaçamento e espécie.

Ao analisar os resultados de *E. dunnii* apenas as médias dos valores de DRL, verificou-se uma tendência do aumento da DRL com o aumento do diâmetro (gráfico 14). Os valores discordam das observações de Beltrame (2012), que notou uma redução da DRL com o aumento do diâmetro. Mas os resultados são semelhantes aos valores relatados por Trugilho (2005), que notou em alguns clones de *E. dunnii* aumentos de DRL com aumento do DAP. As diferenças encontradas entre os dados e a literatura são explicadas com base nas diferentes origens do material, diferenças no espaçamento e nas espécies estudadas.

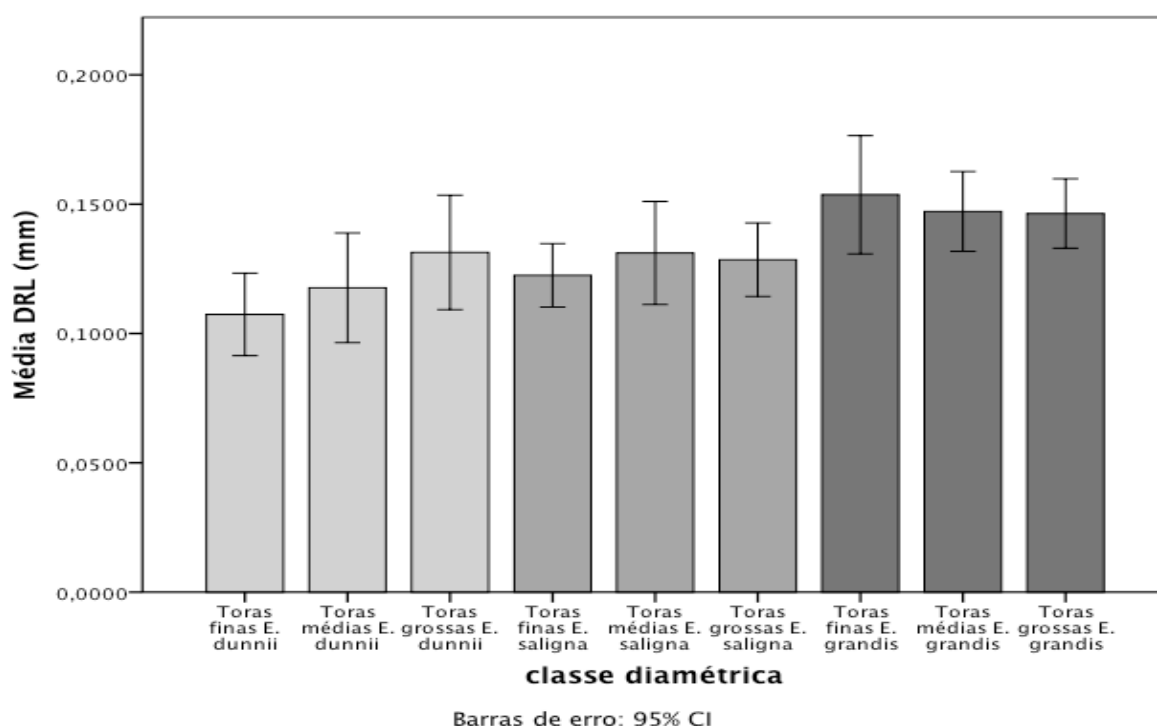


GRÁFICO 14- APRESENTAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE DRL POR CLASSE DIAMÉTRICA

Já em *E. saligna* e *E. grandis* a tendência verificada em *E. dunnii* não foi presente. Os valores discordam das observações de Beltrame (2012), que notou uma redução da DRL com o aumento do diâmetro. Mas os resultados são semelhantes aos valores relatados por Trugilho (2005), que notou em alguns clones de *E. dunnii* aumento de DRL com aumento do DAP. As diferenças encontradas entre os dados e a literatura são explicadas com base nas diferentes origens do material, diferenças no espaçamento e nas espécies estudadas. Contudo, a avaliação de médias estatisticamente iguais deve ser observada com cautela, pois o valor médio pode dissimular a variação dos valores de DRL, produzindo uma conclusão errônea sobre a relação de DRL e DAP.

Ao representar as médias por meio do diagrama tipo Box plot, (que será mostrada mais adiante no gráfico 15), observa-se que algumas classes diamétricas apresentaram maiores variações dos valores de DRL que outras; além disso, verifica-se com mais clareza o comportamento da variável em relação à mudança do diâmetro da árvore. Outra evidência que reforça a teoria sobre a variação da DRL, e que pode ser intensa em alguns materiais e baixa noutros, está em Trugilho (2005). O autor verificou que os coeficientes de variação ficavam entre 19 e 31% para quatro idades diferentes. Noutro trabalho, de Souza (2006), o autor não encontrou

diferenças significativas entre clones de diferentes classes diamétricas de *E. dunnii* e atribuiu o resultado a fatores que não foram controlados pela análise estatística e pela variação dos valores da DRL.

As toras grossas de *E. dunnii* e *E. grandis* apresentaram as maiores variações, juntamente com as árvores de diâmetros médios de *E. saligna*. Os grupos com menores variações de DRL foram os das toras mais finas de *E. saligna* e os das toras médias de *E. grandis*.

Com base nessa variação, pode-se entender o porquê da aceitação da hipótese da nulidade para avaliação do efeito do diâmetro, já que a variação dentro da classe diamétrica foi maior do que a variação entre as classes. Conclui-se, portanto, que o efeito da espécie é presente, mas a variação dos dados de DRL, mais a variação entre as toras de diferentes diâmetros, dissolve o efeito do diâmetro, impedindo que a estatística verifique a diferença entre os valores médios.

5.11 COMPARAÇÃO DOS VALORES DE DRL SOB O EFEITO DO CLONE

A Tabela 32 mostra o efeito do clone de *E. dunnii* (p-valor 0,0001) para os valores médios da DRL, uma vez que foram notadas diferenças entre as espécies e os clones foram testados dentro da mesma espécie.

TABELA 32 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA OS CLONES

tratamento	média	Comparação de médias Tukey 5%
Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,08214	A
Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,11472	B
Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,115	B
Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,13146	BC
Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,15038	C

Observa-se que o clone 4 apresentou o menor valor para a DRL e o clone 3, o maior valor. Os clones 1, 2 e 5 tiveram médias iguais entre si. Os valores de DRL para os clones de *E. dunnii* foram superiores aos encontrados por Trugilho (2005), que estudou 11 clones da espécie. Apenas o clone 4 teve média semelhante à encontrada pelo autor.

Os valores médios dos clones 1, 2 e 5 foram próximos dos valores de DRL dos clones de *E. saligna*. A análise de variância das médias de DRL para os clones de *E. saligna* não verificou diferenças entre os clones (p-valor 0,275). O mesmo foi

verificado por Silva (2008) para clones de *E. benthamii*. A variação da DRL dentro dos clones foi relativamente pequena, no entanto a variação dos valores entre os clones foi ainda menor, anulando as diferenças entre os clones

Na Tabela 33, tem-se os resultados das médias de DRL para os clones de *E. saligna*.

TABELA 33 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE DRL ENTRE OS CLONES

Clone	média	Comparação de médias Tukey 5%
Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,1174	A
Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,12014	A
Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,1236	A
Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,1378	A
Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,13862	A

Comparando os valores da Tabela 33 com as médias dos clones 1, 2 e 5 de *E. dunnii*, pode-se compreender o resultado da análise de variância entre as espécies. Nela constataram-se valores iguais para *E. dunnii*, e *E. saligna* referente à DRL. Isso ocorreu porque há quase uma igualdade matemática entre as médias dos clones 1, 2, e 5, de *E. dunnii*, com os clones 6, 9 e 10, de *E. saligna*.

As diferenças encontradas entre os clones de *E. saligna* não foram suficientes para motivar diferenças pela metodologia do teste de Tuckey, no entanto, se o nível de significância exigido fosse ampliado de 5% para 20%, admite-se que os clones seriam diferentes para a variável estudada.

Na Tabela 34, observa-se a análise de variância para as médias de DRL dos clones de *E. grandis*, indicou diferenças entre os clones estudados (p-valor 0,0001).

TABELA 34 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA OS CLONES

Clone	média	Comparação de médias Tukey 5%
clone 12 <i>E. grandis</i>	0,1224	A
clone 13 <i>E. grandis</i>	0,14	AB
clone 15 <i>E. grandis</i>	0,146	BC
clone 14 <i>E. grandis</i>	0,16194	CD
clone 11 <i>E. grandis</i>	0,1746	D

A comparação de médias revelou que o clone 12 obteve a menor media de DRL e o 11 a maior, sendo o maior valor encontrado para os 15 clones estudados. Esse valor compara-se apenas ao valor encontrado por um material de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, de 8 anos de idade, por Beltrame (2012). A variação dos valores de DRL nos clones de *E. grandis* também foi menor se comparada às outras espécies. No gráfico 15, estão representadas as médias dos valores, juntamente com os valores de máximo e mínimo encontrados em cada um dos clones.

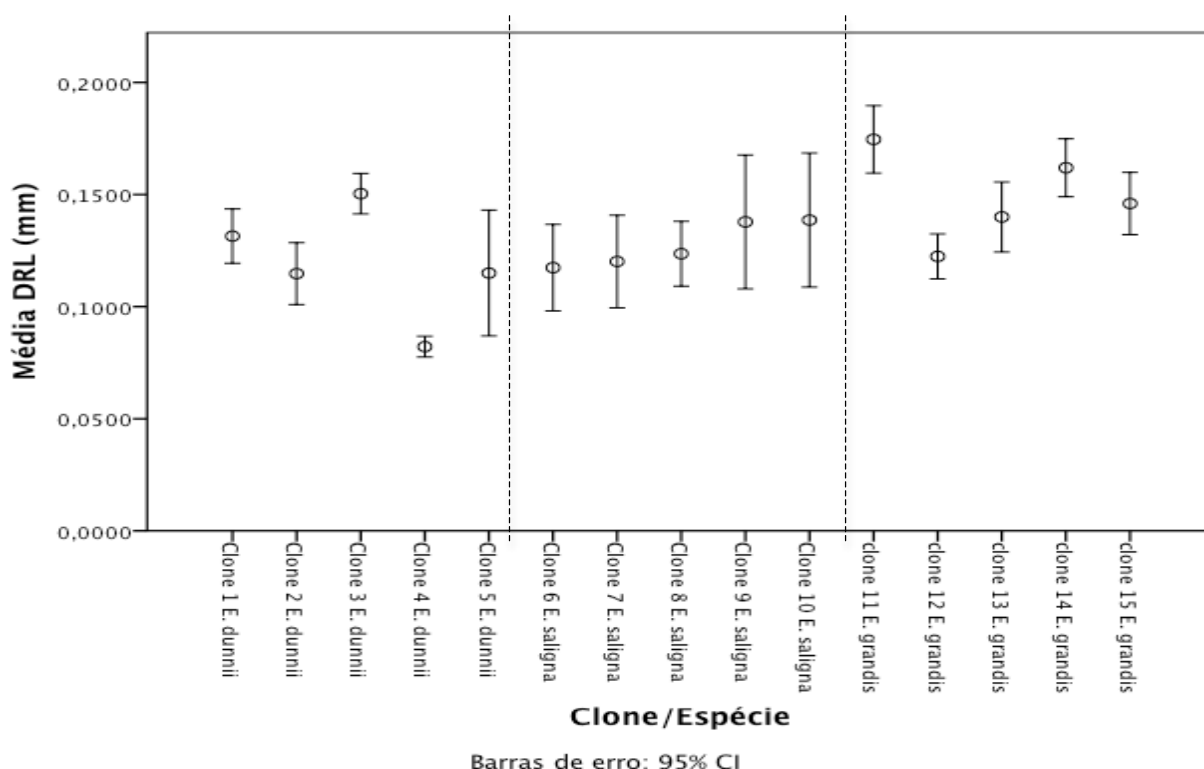


GRÁFICO 15 - VARIAÇÃO EM TORNO DAS MÉDIAS PARA OS VALORES DE DRL NOS DIFERENTES CLONES

A partir da observação dos valores no gráfico tipo Box plot, pode-se observar o comportamento da DRL em relação à média. Pode-se perceber que, nas espécies onde os valores de DRL variam em menor intensidade, ocorreram diferenças estatísticas entre os materiais estudados. Já em *E. saligna*, onde a variação da DRL é mais proeminente, não há diferenças entre os clones.

Ao buscar dados na literatura, pode-se constatar que alguns autores encontram diferenças entre clones e outros não. Diante dos resultados e outras observações feitas por outros autores, pode-se teorizar que a variável sobre a influência direta do material genético, contudo as diferenças entre clones só são constatadas se a variação dentro do clone for baixa em relação à comparação com

os demais materiais estudados. Para reforçar essa teoria, tem-se a evidência dos clones de *E. saligna*. Uma vez que a variação dentro do clone é alta, não se constata o efeito do material genético. Em contraponto às outras duas espécies estudadas, a variação dentro do clone é sensivelmente menor, fazendo o efeito do material genético ser mais evidente. Na literatura, tem-se um caso parecido: Trugilho (2005), como citado anteriormente, ao medir a DRL de 11 clones de *E. dunnii*, encontrou três deles diferindo dos demais, tal qual como ocorre no gráfico 47. Cardoso Jr (2004) e Pádua (2004), que estudaram clones de *Eucalyptus*, não encontraram diferenças entre os clones para DRL, no entanto verificaram variação entre as plantas de até 89%, o que anula a significância do teste. Beltrame (2012), ao estudar 12 clones de *Eucalyptus*, comentou que em apenas um deles a DRL foi mais acentuada, o que se pode conjecturar é que a variação dentro do referido clone foi menor. Outra evidência que corrobora a teoria do efeito genético sobre a DRL pode ser encontrada no trabalho Pádua *et al.* (2004). Os autores estudaram o efeito da herdabilidade em clones de *Eucalyptus* e a maioria dos materiais testados por eles teve comportamento semelhante entre si, o que lembra muito o comportamento dos clones de 1, 2 e 5 de *E. dunnii* e os clones de *E. saligna*. No entanto, quatro materiais clonais testados por Pádua *et al.* (2004) apresentaram comportamento semelhante aos clones 3 e 4 de *E. dunnii* e aos materiais de *E. grandis*.

Num estudo anterior conduzido por Lisboa (1993), o autor encontrou níveis de tensão com manifestações explosivas em algumas árvores e sutil em outras. Ao observar o comportamento da DRL, pode-se entender tal afirmação. A variável expressa indiretamente a tensão de crescimento presente na árvore. Como comprovado pelos gráficos 53 e as tabelas 47, 49 e 51, existem materiais genéticos que apresentam características muito distintas do restante da população base, o que provoca diferentes manifestações das tensões sobre o material serrado.

5.12 AVALIAÇÃO DAS CORRELAÇÕES DENDROMÉTRICAS COM O RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA E COM A DEFORMAÇÃO RADIAL LONGITUDINAL DRL

Na Tabela 35, pode-se observar o valores das correlações lineares entre o rendimento em madeira serrada, o rendimento destopado e a DRL. Atendeu os parâmetros mínimos para a utilização do teste de correlação,

TABELA 35 – CORRELAÇÕES ENTRE O RENDIMENTO, DAP, ALTURA TOTAL E A DRL

			DAP (cm)	Altura total (m)	DRL (mm)
<i>E. dunnii</i>	Rendimento (%)	Correl.	0,242	0,258	-0,161
		(p-valor)	0,036	0,025	0,168
	Dap (cm)	Correl.		0,624**	0,152
		(p-valor)		0,0001	0,013
	Alt. total (m)	Correl.			0,239
		(p-valor)			0,039
<i>E. saligna</i>	Rendimento (%)	Correl.	0,558**	0,528**	-0,161
		(p-valor)	0,004	0,007	0,441
	Dap (cm)	Correl.		0,882**	-0,111
		(p-valor)		0,0001	0,596
	Alt. total (m)	Correl.			0,022
		(p-valor)			0,915
<i>E. grandis</i>	Rendimento (%)	Correl.	0,40*	0,224*	-0,408
		(p-valor)	0,008	0,028	0,043
	Dap (cm)	Correl.		0,753*	-0,286
		(p-valor)		0,034	0,166
	Alt. total (m)	Correl.			-0,010
		(p-valor)			0,964

** . Correlação significativa ao nível de 0,01

* . Correlação significativa ao nível de 0,05

As correlações apresentadas na tabela determinam uma relação entre DAP e rendimento, onde o aumento no diâmetro da árvore é acompanhado por uma aumento no aproveitamento em madeira serrada. Embora essa relação pareça bastante clara, constantemente não é definida em termos matemáticos, como ocorre nos trabalhos de Marchesan (2012) e (MURARA 2005). Todos os autores relatam um aumento no rendimento como aumento do diâmetro das toras, mas não descrevem em termos matemáticos a relação entre as variáveis.

Observando a tabela, nota-se que a relação DAP x Rendimento não supera valores acima de 0,558. Isso é possível ser explicado devido aos inúmeros fatores que afetam o aproveitamento da madeira serrada e minoram o efeito do diâmetro.

Os resultados da correlação entre rendimento e dap permitem compreender a tendência encontrada nos trabalhos de Marchesan (2012) e (MURARA 2005). Os autores, ao investigarem diferentes espécies em diferentes classes diamétricas, e

encontraram a tendência de aumento do rendimento com o aumento do DAP, nota-se que a correção entre as variáveis é presente, porém fraca. Pode-se teorizar que a razão para essa fraca relação é que o resultado do rendimento não depende apenas do diâmetro da tora, mas o DAP é componente forte do rendimento. Para Marchesan (2012), o rendimento em madeira serrada está sob a influência das dimensões das toras, da qualidade da madeira, das técnicas empregadas no desdobro, das operações dos equipamentos e do aproveitamento dos subprodutos. O rendimento apresentou correlação significativa com a altura da planta. A correlação positiva entre esses fatores é facilmente explicada, uma vez que plantas com maiores DAP terão maiores alturas, como demonstrado pelas correlações encontradas. Desta forma, é lógico supor que árvores mais altas terão também maiores rendimentos. Esta suposição é confirmada pelo valor da correlação próximo a 70%.

Para *E. dun nii*, foi verificada uma fraca correlação entre DRL e a altura, o que não foi observado em *E. saligna* e *E. grandis*.

O dado mais interessante que surge na Tabela 35 é a correlação negativa entre DRL e o rendimento em madeira serrada para *E. grandis*. Essa correlação não é presente em outros trabalhos da literatura, trata-se de um fato incomum na verificação do relacionamento da tensão de crescimento com o desdobro da madeira da espécie. Os aumentos no rendimento foram acompanhados nas plantas com menores valores de DRL. Embora esse resultado seja bastante relevante, deve-se olhar essa situação com cautela, uma vez que isso só ocorreu nesse caso em particular, com esse grupo de clones, e não há suporte para essa teoria em outros autores.

Não há consenso sobre a explicação do relacionamento entre a DRL e as características da planta em pé. Uma vez que as correlações entre as informações são pequenas e muitas vezes inexistentes. As razões para essas baixas correlações merecem um estudo detalhado, uma vez que não estão totalmente claros os mecanismos que fazem essa ou aquela planta marcarem maior ou menor valor de DRL.

5.13 CORRELAÇÕES ENTRE A DRL, O RENDIMENTO E A QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA

A Tabela 36 apresenta as correlações de Pearson entre a DRL, o rendimento e os índices de empenamento, rachaduras e as dimensões das peças serradas.

TABELA 36 – CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS PRINCIPAIS VARIÁVEIS

			DRL	espessura	largura	ie	la	ir
<i>E.dunnii</i>	Perdas no rendimento	Correl.	0,276**	0,035	0,087	0,09	0,024	0,157*
		(p-valor)	0,0001	0,586	0,178	0,165	0,71	0,014
	DRL	Correl.		0,074	0,054	0,075	0,023	0,022
		(p-valor)		0,252	0,408	0,249	0,718	0,736
	Espessura	Correl.			0,08	0,410**	0,028	-0,200**
		(p-valor)			0,215	0,0001	0,668	0,002
	Largura	Correl.				0,001	-0,023	0,214**
		(p-valor)				0,984	0,724	0,001
	ie	Correl.					0,181**	-0,134*
		(p-valor)					0,005	0,037
	la	Correl.						0,246**
		(p-valor)						0,0001
<i>E.saligna</i>	Perdas no rendimento	Correl.	-0,402**	0,08	0,083	0,128*	-0,035	0,297**
		(p-valor)	0,0001	0,208	0,175	0,037	0,622	0,0001
	DRL	Correl.		-0,038	0,043	-0,142*	0,076	-0,181**
		(p-valor)		0,548	0,48	0,02	0,286	0,009
	espessura	Correl.			0,135*	0,130*	-,406**	-0,059
		(p-valor)			0,033	0,039	0,0001	0,407
	largura	Correl.				0,225**	-0,007	0,225**
		(p-valor)				0,0001	0,925	0,001
	ie	Correl.					-0,025	-0,09
		(p-valor)					0,72	0,199
	la	Correl.						0,248**
		(p-valor)						0,0001
<i>E.grandis</i>	Perdas no rendimento	Correl.	-0,290*	-0,055	-0,135*	0,059	0,122*	0,133*
		(p-valor)	0,019	0,301	0,011	0,267	0,027	0,015
	DRL	Correl.		0,033	-0,063	-0,049	0,038	-0,144**
		(p-valor)		0,538	0,241	0,356	0,495	0,009
	espessura	Correl.			0,221**	0,151**	-,245**	-0,382**
		(p-valor)			0,0001	0,004	0,0001	0,0001
	largura	Correl.				0,313**	-0,048	-0,04
		(p-valor)				0,0001	0,385	0,472
	ie	Correl.					0,066	-0,089
		(p-valor)					0,232	0,108
	la	Correl.						0,203**
		(p-valor)						0,0001

** correlação significativa a 1% * correlação significativa a 5%

le - Índice de encurvamento, la - Índice de arqueamento, lr - Índice de rachadura

A DRL, quando relacionada às perdas no rendimento causadas pelo destopo, foi positiva para *E. dunnii* e negativa em *E. saligna* e *E. grandis*. O que quer dizer que, nas plantas com maior DRL, ocorreu maior perda no rendimento em *E. dunnii*; nas outras duas espécies, as árvores com maiores DRLs tiveram menores perdas no rendimento.

Esse relacionamento entre DRL e perdas no rendimento não encontra comparação na literatura, uma vez que não há outras citações com esse tipo de análise. Esse dado é particularmente interessante visto que, como as três espécies apresentaram algum tipo de correlação significativa entre essas duas variáveis, permite-se formular a teoria de que a DRL está ligada ao rendimento em madeira serrada e que a pior manifestação das tensões de crescimento podem ser previstas em algumas espécies de *Eucalyptus*.

Outra interessante correlação entre a DRL pode ser verificada entre o índice de rachaduras das tábuas das espécies de *E. saligna* e *E. grandis* e o índice de encurvamento de *E. dunnii*, o que indica que a DRL está ligada à manifestação das tensões de crescimento nas tábuas. As correlações tiveram valores relativamente baixos, no entanto não se pode ignorar o fato de a correlação ser significativa ao nível de 1%. Com base nos dados, pode-se perceber que, ao desdobrar toras com maiores valores de DRL, as tábuas de *E. dunnii* tiveram valores menores de índice de encurvamento e, em *E. saligna* e *E. grandis*, ocorreram menores rachaduras de topo, o que propiciou menores perdas no rendimento.

As demais correlações indicam que as manifestações das tensões de crescimento foram afetadas pelas dimensões das peças serradas, pois, as pequenas variações em espessura das tábuas, correlacionaram-se com o índice de encurvamento das três espécies e acréscimo no índice de rachaduras de *E. dunnii*. Nas tábuas com espessuras ligeiramente acima da espessura nominal, notou-se redução do índice de arqueamento em *E. dunnii* e *E. grandis* e diminuição no rachaduras das peças serradas de *E. grandis*.

Já os aumentos na largura das peças de madeira serrada foram acompanhados por aumentos do índice de rachaduras das tábuas de *E. saligna* e *E. grandis*. Esses resultados corroboram a teoria de Garcia (1995). O autor indicou que as dimensões da madeira serrada interferem nas forças que compõem as tensões de crescimento. O autor desenvolveu um modelo vetorial que mostra as componentes das tensões de crescimento como vetores gerados paralelamente às

dimensões da tábua serrada. A mudança nas dimensões da madeira tem como consequência alterações no tamanho do vetor, provocando mudança na intensidade dos índices de empenamento e rachaduras das tábuas.

As correlações explicam também o diagrama de Venn apresentado anteriormente. A análise da frequência dos defeitos já indicava que boa parte da madeira serrada apresentava três tipos de defeitos. A análise da correlação de Pearson indica que, além de ocorrer defeitos simultaneamente quando se aumenta o índice de arqueamento, ocorrem aumentos nos índices de rachaduras. Logo, pode-se perceber que os defeitos que mais prejudicaram a qualidade da madeira serrada foram os índices de arqueamento e rachaduras. Os resultados das correlações também apontam que a DRL liga-se simultaneamente às principais características dendrométricas e aos índices que indicam a qualidade da madeira serrada.

5.14 ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES DE PEARSON

Ao analisar o comportamento do rendimento em madeira serrada e das variáveis dendrométricas estudadas, nota-se a correlação positiva entre elas. Tendência encontrada no trabalho de (MURARA 2005).

Ao observar os dados das três espécies, nota-se que o aumento do DAP e altura relacionam-se com o aumento no rendimento. Isso indica que, a partir das toras com maiores dimensões de diâmetro e altura, obtiveram-se rendimentos melhores em madeira serrada. Com base nos dados da literatura e analisando os resultados, acumulam-se evidências que apontam para a tendência generalista, que o aumento das dimensões de DAP e altura implica em aumentos de rendimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- I. Sobre a densidade básica pode se concluir que:
 - Foram encontradas diferenças significativas entre as espécies, sendo que *E. dunnii* apresentou a maior densidade seguido de *E. saligna* e *E. grandis*.
 - Não foi verificado influencia do diâmetro sobre a densidade básica.
 - O efeito do material genético sobre a densidade básica foi verificado para *E. saligna* e *E. grandis*.
 - Os clones com as maiores densidades foram o 5, para *E. dunnii* o 9 para *E. saligna* e o 11 para *E. grandis*
- II. Sobre o rendimento em madeira serrada pode se concluir que:
 - houve diferença entre rendimentos de madeira serrada das espécies florestais estudadas, destacando-se, na ordem de rendimento, o *E. saligna*, o *E. grandis*, o *E. dunnii*.
 - o rendimento de madeira serrada mostrou-se diretamente proporcional ao diâmetro médio das toras entre as espécies estudadas, e as árvores com DAPs próximos a 35 cm apresentaram os maiores aproveitamentos em madeira serrada. Os resultados menos expressivos foram obtidos em toras com diâmetros médios próximos a 20 cm.
 - o material genético influenciou no rendimento em madeira serrada sendo que para *E. dunnii* os melhores clones foram o 1 e o 4. Para *E. saligna* os clones 8 e 9 e em *E. grandis* não ocorreram diferenças entre os clones.
- III. A avaliação da qualidade da madeira serrada sobre a ótica da norma ABNT-NBR 14086 pode se concluir que:
 - a espécie com a melhor qualidade foi *E. saligna*.
 - ao serrar toras de maior diâmetro obteve-se madeira de melhores qualidades.
 - o material genético influenciou a qualidade da madeira
- IV. Sobre avaliação quantitativa dos defeito concluiu -se que:
 - *E. saligna* apresentou a maior quantidade de tábuas sem defeito.
 - As condições testadas indicaram que mais da metade do material serrado apresentou simultaneamente, rachaduras e empenamentos.
- V. Sobre a qualidade da madeira serrada concluiu-se que,

- o aumento do diâmetro influenciou na manifestação do encurvamento e do arqueamento, sendo que as toras mais grossas originaram peças serradas com menores empenamentos,
- as toras finas estão mais sujeitas a graves defeitos de empenamentos e rachaduras. *E. saligna* apresentou a menor quantidade de tábuas defeituosas, seguidas de *E. dunnii* e, por fim, *E. grandis*.
- a maior parte do material serrado apresentou qualidade baixa.
- as rachaduras provocaram perdas no rendimento em maiores proporções em *E. grandis* seguidas por *E. dunnii*, e *E. saligna*.
- Com base nos resultados, pode-se concluir que, ao serrar árvores com maiores dimensões, ocorreram melhores resultados sobre a variável rendimento em madeira serrada.

VI. O estudo da DRL permitiu concluir que:

- As espécies apresentaram diferentes níveis de DRL sendo que *E. grandis* apresentou os maiores valores seguidos de *E. saligna* e *E. dunnii*.
- Não foi visto diferentes níveis de DRL para as classes diamétricas.
- O material genético influenciou a DRL sendo que os clones com maiores níveis foram o 3 para *E. dunnii*, o 10 para *E. saligna* e o 11 para *E. grandis*.
- A DRL correlacionou-se com as perdas em rendimento causadas por rachaduras de topo.
- A DRL correlacionou-se com o índice de encurvamento em *E. saligna*, e com os índices de rachaduras de *E. saligna* e *E. grandis*.

Como base nas considerações finais dessa pesquisa pode se recomendar:

- Novas pesquisas utilizando *E. saligna* para uso em serraria.
- Uso de toras com diâmetros superiores a 35 cm.
- Recomenda-se o uso dos clones 1, 4, 8 e 9 para serraria.
- Desaconselha-se a utilização dos clones 15, 6 e 2 para uso em serrarias.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACOSTA, M. S. Experiência Argentina en el Uso de la Madera de Eucalipto. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto. **Anais** São Paulo, 1995. 74-91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806**: Madeira serrada de eucalipto – requisitos, fevereiro de 2002. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Densidade básica da madeira – requisitos, fevereiro de 2002. Rio de Janeiro.

ADLERS, L. New Zambian Mill Saws Plantation *Eucalyptus* with Gang saw. **Word Wood**, San Francisco, 17 (7) 1975, 18-29p.

ARCHER, R. R. Growth stresses and strains in trees. Berlin, **Springer-Verlag**, 1986. 24 p.

BAENA, E. de S. A **Utilização de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill na Confecção de Sarrafos**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, (Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Escola Superior Luiz de Queiroz, ESALQ Piracicaba, 1982, 74 p.

BAMBER, R. K. ; HORNE, R. ; GRAHAN-HIGGS, A. Effect of Fast Growth on the Wood Properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, Melbourne, n. 12,p. 163-167, 1982

BAMPI, P. Manejo de Pinus na Empresa e Papel e Celulose Catarinense – PCC: In: Simpósio Manejo de Floresta Plantada, Esteio, **Anais**, Santa Maria UFRS/CEPEF 1991, 48-66p.

BAR, N. A. Qualidade da Madeira de *Eucalyptus saligna* SM para Serraria como um Guia para Seleção de Árvores para Melhoramento e Colheita de Sementes, Fast Growing Trees, Northland, New Zeland, 1991, 800-802p.

BARISKA, M. A. A Method For Predicting Timber Quality in *Eucalyptus* In: MANAGEMENT OF *Eucalyptus grandis* IN SOUTH AFRICA, Stellenbosch, 1990, Proccedings. Stellen bosch: Southern African Institute of Forestry, 1990, 215-228p.

BARRICHELO, L. E. G. ; BRITO, J. O. e MIGLIORINI, A. J. Estudo da Variação Longitudinal da Densidade Básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, 8(28): 726-31, 1983.

BATISTA D. C. **Qualidade Da Secagem Convencional Conjunta Da Madeira De Nove Clones Do Gênero *Eucalyptus***, Universidade Federal do Paraná, Dissertação de Mestrado, Curitiba, 2009, 105p.

Beltrame R. **Desempenho Silvicultural e Seleção de Clones de *Eucalyptus* spp. Para a Qualidade da Madeira**, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, Tese de Dr, 2012, 136p.

BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria em *Pinus elliottii*. [S. l.: s.n.], 2003. 12 p.

BOYD, J. D. Tree Growth Stresses – Part IV Visco-Elastic Strain Recovery, **Wood Science and Technology**, Berlin, vol. 6, 1972, 95-120p.

BOYD, J. D. Tree Growth Stresses – Part V Evidence of an Origin in Differentiation and Lignification, **Wood Science and Technology**, Berlin, vol. 6, 1972, 251-262p.

BOYD, J. D. Relationships Between Fibre Morphology, Growth Strains and Physical Properties of Wood, **Australian Forestry Research**, Austrália, n10, 1980, 337-360p.

BOYD, J. D. Tree Growth Stresses. I. Growth Stresses Evaluation. **Australian Journal of Scientific Research Co.** vol 3, 3, 1950, 270-293p.

BOYD, J. D. Tree Growth Stresses. II. The Development Of Shakes and Other Visual Effects. **Australian Journal of Applied Science**. vol 1, 3, 1950b, 296-312p.

BOYD, J. D. Tree Growth Stresses. III. The Origin Of Growth Stresses Evaluation. **Australian Journal of Scientific Research Co.** vol 3, 3, 1950, 294-309p.

BRASIL, M. A. M, **Densidade Básica e Características das Fibras da Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden aos 3 Anos de Idade**, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, (Tese de Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Piracicaba, 1976, 122p.

BRASIL, M. A. M, e FERREIRA, M. Variação da Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden aos 5 Anos de Idade, em Função do Local e do Espaçamento. **IPEF**, n 2, vol 3 Piracicaba, 1971, 129-149p.

BRASIL, M. A. M, **Variação da Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus propinqua* Hill Ex. Maiden aos 5 Anos de Idade, em Função do Local e do Espaçamento**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, (Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Piracicaba, 1972, 75p.

BRASIL, M. A. M. Densidade Básica de Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de Idade, **IPEF** n. 19, 1979 p. 63-76.

BRASIL, M. A. M. **Densidade Básica e Características das Fibras da Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden aos 3 Anos de Idade**, Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, (Tese de Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Piracicaba, 1976, 122p.

BRASIL, M. A. M e VEIGA, R. A. A Variação da Densidade Básica da Madeira de Progenies de *Eucalyptus urophylla* em Dois Locais, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 167-174, 1994.

BRACELPA. Relatório florestal estatístico BRACELPA 2007. Disponível em: http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/BracelpaRelatorio_Estatistico_Florestal-2007.pdf. Acesso em nov. 2013.

BROWN, H. P. ; PANSIN, A. J. ; FORSAITH, C. C. **Text book of Wood Technology**. Nova York. Ed. Mac Graw-Hill Book Company Inc. Vo1. 1, 1949, 625p.

BUSARDO, C. A *et al.* Em Busca da Qualidade Ideal da Madeira de Eucalipto para a Produção de Celulose. IV. Altura Ideal para a Amostragem da Densidade Média de Árvores de *Eucalyptus grandis* In: Congresso Anual da ABTCP, **Anais**, 1987, São Paulo, Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel 12-24p.

CALONEGO F. W. e SEVERO E. T. D. Efeito da Vaporização de Toras na Redução dos Defeitos Associados a Tensões de Crescimento de *Eucalyptus grandis* **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, Santa Maria-RS, 2005 p. 431-440

CARDOSO Jr. A. A. **Tensões de crescimento em Eucalipto e suas relações com espaçamento, idade e material genético**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras,UFLA, Lavras, 2004, 85p.

CHAFE, S. C. Growth stress in tress. Australian Forest Research, **Austrália Forest Research**, v. 9, n. 3, p203-223, 1979.

CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, V3, 1997 p405-410

CRESPO, E. A. **Tensões de Crescimento e suas Consequências, Controláveis e não Controláveis, no Desdobro e Secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, SP. 2000. 119 p.

CRUZ C. R. da; LIMA J. T. ; BOLZON de MUÑIZ G. I. Variação das propriedades físicas e mecânicas de madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n64, 2003, p33-47.

CRUZ, C. R. **Caracterização da Madeira de Clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria Madeireira**. Universidade Federal do Paraná, UFPR, (Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Curitiba, 2000, 64p.

DEL MENEZZI, C. H. S. e NAHUZ, M. A. R. Técnicas de desdobro utilizadas para madeira de eucalipto – uma revisão bibliográfica. **Revista Árvore**, v. 22, n. 3. Viçosa-MG, 1998 p. 415-428.

DEL MENEZZI, C. H. S. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. cloeziana* F. Muell.** (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP. Piracicaba, 1999. 87p.

DINWOODIE, J. M. Growth stress in timber. A review of literature. **Forestry**. V. 39, n. 2, p. 162-170, 1966.

ELEOTÉRIO, J. R.; STORCK, L.; LOPES, S. J. Caracterização de peças de madeira produzidas em serraria visando o controle de qualidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 6, n. 1., 1996. p. 89- 99

EMBRAPA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. Ministério da Agricultura** – Programa Nacional de Pesquisa de Florestas – PNPF (EMBRAPA/IBDF). Curitiba, 1986, 89p.

FERNANDES, P. S. **Variações da densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Bake**, (Dissertação de Mestrado), Escola Superior Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 1982, 85p.

FERREIRA S. *et al.* Influência de Métodos de Desdobro Tangenciais no Rendimento e na Qualidade da Madeira de Clones de *Eucalyptus spp.* 2004, **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, 2004, p. 10-21

FERREIRA, M. e KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento Genético da Densidade Básica da Madeira de Eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo. (14): 148-52, 1978.

FERREIRA, M. **Estudo da Variação da Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, (Tese de Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Piracicaba, 1968, 72p.

FRÜWALD, A. Desenvolvimento técnico na produção de madeira. **Brasil Madeira**, Curitiba, vol 4, n44, 1980, 32-34p.

GALVÃO, A. P. M. Utilização do eucalipto. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 25(296), p. 29-32, ago, 1976.

GARCIA, J. N. Técnicas de Desdobro de Eucalipto. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto Para Serraria, 1. , 1995, São Paulo. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 59-67.

GRACIA, J. N. **Defeitos consequentes da tensão de crescimento a propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o**

manejo e melhoramento de floresta para serraria. (Tese de Livre Docência), ESALQ, Piracicaba, 2005, 207p.

GRACIA, J. N. ; LIMA, I. L. Log End Splitting and Improvement in Sawing *Eucalyptus grandis*. In: THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS. Launceston, 2000. Proceedings. Hobart: Forestry Tasmania, 2000, 113-123p.

GUÉNEAU, P. e KIKATA, Y. Contraintes de Croissance. *Reveu Bois ef Forêts des Tropiques*, vol 149. 1973, 21-20p.

HASELEIN C. R. *et al.* Características Tecnológicas da Madeira de Árvores Matrizes de *Eucalyptus grandis*, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2,p. 145-155 2004.

HILLIS, W. E. Wood Quality and Utilization. In: HILLIS W. E. ; BROWN, A. G. *Eucalyptus* for Wood Production, Adelaide: **CSIRO**. 1984. 259-289P.

Instituto de Pesquisas Florestais, *Eucalyptus Book on line*, Disponível em < <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus>>, acesso em nov 2013.

JACOBS, M. R. The Growth Stresses of Woody Stems, In: Common wealth Government Printer: Canberra, 1945, 67p.

KAGEYAMA, P. Y. *et al.* Teste de Progenie de *Eucalyptus grandis*: Resultados Preliminares. Boletim Informativo **IPEF**, Piracicaba, 6(19): 43-51, 1978.

LIMA, I. L ; GARCIA, J N. ;NOGUEIRA M. C. S. Influência do Desbaste nas Tensões de Crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n58, p 111 – 125 p dez 2000.

LIMA, I. L. ; GARCIA, J. N; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n58, 2000, p111-125.

LIMA, J. T. **Clonal Variation in the Solid Wood Properties of *Eucalyptus*** , **University of Wales**, (Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Bangor, 1999, 246p.

LIMA, J. T. **Influencia do Teor de Umidade nas Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus saligna* Smith**, Dissertação de Mestrado, Viçosa, 1983, 58p.

LIMA, J. T. ; TRUGILHO, P. F. ; ROSADO, S. C. da S. ; CRUZ, C. R. Deformações Residuais Longitudinais Decorrentes de Tensões de Crescimento em Eucalipto e suas Associações com Outras Propriedades, **Revista Árvore**, Viçosa, v28, n1, 2004, 107-116p.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill. ex Maiden.** (Tese Doutorado), UFPR, Curitiba, 1993, 275p.

LOPES, M. C. **Agrupamento de Árvores Matrizes de *Eucalyptus grandis* em Função das Variáveis Dendrométricas e das Características Tecnológicas da Madeira.** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. 93p.

LOPEZ, J. A. e GENES, P, Y. Ajuste y Validacion de um Metodo No-Destructivo Para Seleccionar Genotipos de *Eucalyptus grandis* com Bajo Nível de Tensiones de Crecimiento, **EEA-INTA**, Bella Vista, Corrientes, 2005, 11p.

LORENZI, H., SOUZA, H.M., TORRES, M.A.V. BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009, 384p.

MATIAS J. M de, et al Redução do efeito das tensões de crescimento das toras de *Eucalyptus dunnii*, **Scientia Florestais**, n 64, Piracicaba, 128-135p 2003.

MALAN, F. S. **Studies on the phenotypic variation in Growth Stresses Intensity and its Association With Tree and Wood Properties Of South African Grown. *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden).** Stellenbosch, South African, (Tese de Doutorado), Universidade de Stellenbosch. 1984, 258p.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais.** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/ESALQ-USP, 1995. p. 1-19.

MALAN, F. S. Properties, processing and utilization of eucalypts: the South African experience. In: Seminário Internacional Sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e Encontro Sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização Da Madeira De Eucalipto, 1, Belo Horizonte, 1998, **Anais**, Viçosa, SIF, UFV, DEF, 1998, 134-143p.

MALAN, F. S. Variation, Association and Inheritance of Juvenile Wood Property of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with Special Reference the Effect of Rate of Grow, **South African Forestry Journal**, n. 157, 1991, p 16-23.

MENDOZA, I. E. L. Experiência chilena em la utilizacion Del eucalipto. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. **Anais**, São Paulo, 1995. p. 92-108.

MIRANDA, M. J. de A. C. ; NAHUZ, M. A. C. Estudo da Influência do Espaçamento de Plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos Índices de Rachaduras Após o Desdobro e Após a Secagem **Scientia Florestalis** n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

MONTAGNA. R.G. *et al.* Desdobro de *Eucalyptus grandis* Maiden Visando a Diminuir os Efeitos das Tensões de Crescimento, **Revista Instituto Florestal**, Sao Paulo, 3 (2), 1991, 181-190p.

MORAES, M. L. T *et al*: Avaliação da densidade básica da madeira e de sua relação com os caracteres de crescimento, em uma população base de *Eucalyptus camadulensis* Dehnh. In: IUFRO Conferece on Silviculture and Improvement of Eucalypts, Salvador, 1997, Proceedings. Colombo, EMBRAPA, SIF, SEAGRI-DDF, 1997. v. 3, p43-47.

MCKIMM J. R.; WAUGH G.; NORTHWAY R.L. Utilization potential of plantation-grow *Eucalyptus nites*, **Australian Forestry**, v52 n.1, 1988.

NELSON, N. D. e HEATHER, W. A. Wood Color, Basic Density – and Decay resistance in Heartwood of Fast-grown *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Holsforschung**, n 26, vol. 2, 1972, 54-60p.

NÉRI, A. C.; FURTADO, F. C.; POLESE, R. C. Avaliação do rendimento de madeira serrada de Pinus. **Revista da Madeira**, n.88, p.9, 2005.

NICHOLSON, J. E. A rapidmethod for estimating longitudinal growth stress in logs. **Wood Science and Technology**, Berlin, n5, 1971 (1):40-8.

NICHOLSON, J. E. e HILLS, W. E. Some Tree Growth – Wood Property Relationships of Eucalypts. Canadian Journal **Forest Research**. V. 5, n2, 1975, p424-435.

NICHOLSON, J. E. Growth stress diferences in eucalypts. **Forest Science**. V. 19, n2, 1973, p169-174.

NICHOLSON, J. E. ; BARNACLE, J. E. e LESSE, P. E. Evidence of Residual Stress In Small Sections of Ordinary Green *Eucalyptus regnans*, **Wood Science and Technology**, Berlin, vol 7, 1973, 20-28p.

OLIVEIRA, J. T. S. Problemas e Oportunidades com a Utilização da Madeira de Eucalipto. **WORKSHOP: Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto**. Viçosa-MG, 22 a 24 de junho de 1999. p. 39-52.

OLIVEIRA, E. *et al*. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, **Boletim Técnico da SIF**, Viçosa(MG), n. 2,p. 1-9, 1990.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. (Tese Doutorado), Escola Politécnica, São Paulo, 1997, 429p.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al*. Variação do Teor de Umidade e da Densidade Básica na Madeira de Sete Espécies de Eucalipto, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005a.

OLIVEIRA, M. L. R. *et al*. Equações de Volume de Povoamento Para Fragmentos Florestais Naturais do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2,p. 213-225, 2005b.

OLIVEIRA, R. J. D. P. **Variação da Densidade Básica da Madeira e Capacidade de Regeneração Entre e Dentro de Origens de *E. grandis* E. Hill ex-Maiden**. (Dissertação de Mestrado-UFV). Viçosa, 1981. 61p.

OLIVERA, J. T. S; HELLMEISTER, J. C; SIMÕES, J. W. ; TOMASELO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* para a Construção Civil: 1-Avaliações Dendrométricas das Árvores, **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n56, 1999b, p113-124.

PÁDUA, F. A. de **Estimativas de Parâmetros Genéticos das Tensões de Crescimento em Clones de *Eucalyptus***. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2004, 65p.

PANDEY, C. N. ; GAUR, B. K. ; KANNOJI, H. C. ; CHANDRA, A. A new approach to seasoning of eucalypts hybrid (*Eucalyptus tereticornis*). **Indian Forester**, Dehra, v. 110,n. 3, 1984, p. 117-121.

PANSHIN, A. J. ; DE ZEEW, C. **Text book of wood technology**. New York, McGraw-Hill, 1970. 105p.

PIPINO, N. O. Madeira serrada pode ter melhor aproveitamento. **Revista da Madeira**, v. 60 , n. 1, p. 54-56, 2001.

RAMOS, I. África do Sul: horizonte florestal do Brasil, Ed, Jorues, 1 ed. São Paulo, 1973, 81p.

REZENDE, M. A. de; SAGLIETTI, J. R. C. ; CHAVES, R. Variação da Massa Específica da Madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 Anos de Idade em Função de Diferentes Níveis de Produtividade, **Scientia Florestalis**, Piracicaba n. 53, p. 71-78, jun. 1998.

RIBEIRO F. A. de A. ; e ZANI FILHO J. Variação da Densidade Básica da Madeira em Espécies/Procedências de *Eucalyptus* spp **IPEF** n. 46, p. 76-85, jan./dez. 1993

ROCHA F. T. *et al.* Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos, **Revista do Instituto de Florestas**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004

ROCHA M. P. da e TRUGILHO P. F. Qualidade da Madeira Serrada de *E. dunnii* em Função do Desdobro e da Condição de Umidade, **Revista Cerne**, Lavras, V. 12,n 4, p 314-321, 2006.

ROCHA, M. P. da; TOMASELLI, I. , Efeito de Modelo de Corte nas Dimensões de Madeira Serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, n. 8, v. 1, 2001 p. 94 - 103

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden Como Fontes de Matéria-Prima Para Serrarias**. 2000. 186f. (Tese de Dr), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

RODRIGUES, R. A. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil.** (Dissertação de Mestrado), ESALQ, Piracicaba, 2002, 75p.

ROZAS, C. **Diversificación y Aprovechamiento de las Plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* Para su Utilización en la Industria del Mueble, Resultados Tecnológicos Proyetoc Fondef,** Universidade del Bio Bio Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería em Maderas. 2002, 108p.

SANDVIK. **The Handbook: production, use and maintenance of wood band saw blades.** Sweden: Sandvik Steel, 1999.

SCANAVALA Jr, L. ; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha das Flores. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n64, 2003, p23-32.

SCANAVALA Jr, L. e GARCIA, J. N. Rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n63, 2003, p33-43.

SHARMA, S. N. ; PANDEY, C. N. ; KANNOJI, H. C. Sawing and seasoning technique for *Eucalyptus tereticornis*. **Journal Timber Development of India**, Dehra, v. 34, n. 4, 1988, p. 5-12.

SILVA, J. R. M.; MENDES, L. M.; WENZEL, M. K.; TRUGILHO, P. F. Secagem ao ar Livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 3 n. 1 p. 170-186, 1997.

SILVA, J. C. *et al.* Influência da Idade e da Posição Radial na Massa Específica da Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta** 34 (1) Jan/Abr 2004, 13- 22, Curitiba-Pr 13.

SILVA L. D. **Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage Visando a Produção de Madeira Serrada em áreas de Ocorrência de Geadas Severas**, Universidade Federal do Paraná, Tese de Dr, 2008, 256p.

SIMULA, M. T. & TISSARI, J. T. Market Prospects for Eucalyptus Solid Wood Products in the European Commun Market. In: 1º Seminário Internacional sobre produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e 1º. encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 7 a 11 de dezembro de 1998. p. 29-48.

SOUZA A. V. *et al* Modelagem do Rendimento de Toras de Eucalipto Cultivado em Sistema Agroflorestal, **Cerne**, Lavras, v13. n2 2007 222-238p.

SOUZA, M. A. M. **Deformação Residual Longitudinal (DRL) Causada pelas Tensões de Crescimento em Clones de Híbridos de *Eucalyptus*.** (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras MG, 2002,72p.

SOUZA, V. R. *et al.* Densidade Básica Entre Procedências, Classes de Diâmetro e Posições em Árvores de *E. grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, Piracicaba (33): 65-72, 1986.

TELLES DOS SANTOS P. E. ; GERALDI I. O. ; GARCIA, J. N. Estimativas de Parâmetros Genéticos de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira em *Eucalyptus grandis*, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 54-64, jun. 2003

TELLES DOS SANTOS, P. E. **Avaliação de características tecnológicas de madeira serrada em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus* e implicações para o melhoramento genético.** (Tese Dr), ESALQ, Piracicaba, 2002, 174p.

TELLES DOS SANTOS, P. E. ; GERALDI, I. O. ; GARCIA, J. N. Estimativas de Parâmetros Genéticos de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira em *Eucalyptus grandis* **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 54-64, jun. 2003.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação Radial da Densidade Básica em Estrutura Anatômica da Madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. ESALQ-USP, Depto. de Ciências florestais **IPEF** - Piracicaba – SP, 1985, 35-42p.

VÁZQUEZ, M. C. T. Tensiones de Crecimiento en *Eucalyptus Globulus* de Galicia (España): Influencia de la Silvicultura Y Estrategias De Aserrado. Maderas, Cienc. tecnol. , Concepción, v. 3, n. 1-2, 2001 . Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X20010001000008&lng=es&nrm=iso>. acessado em 15 março 2012.

TRUGILHO, P. F. *et al.* Avaliação da Tensão de Crescimento em Clones de *Eucalyptus* . **Floresta Ambiente**, Rio de Janeiro, V9, n1, 2002, 38-44p.

TRUGILHO, P. F. **Tensão de Crescimento em Árvores Vivas de Clones de *Eucalyptus* spp. e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e Propriedades da sua Madeira.** Universidade Federal do Paraná, UFPR (Tese de Pós-Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Curitiba, 2005, 123p.

TRUGILHO, P. F. ; LIMA, J. L; MENDES, L. M. Influência da Idade nas Características Físico-Químicas e Anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* UFLA/DEF, 2002, p16.

VIDAURRE, G. B. *et al.* Efeito da Geometria dos Dentes da Serra de Fita na Produção de Madeira Serrada de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 939-947, 2008, 939-948p.

WAUGH, G. Sawing of Young, Fast-Grow *Eucalypts*. 1o Seminário Internacional sobre produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e 1o Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e utilização da Madeira de Eucalipto. **Anais**, Belo Horizonte, 7 a 11 de dezembro de 1998. p. 69-81.

ZANI FILHO, J. e BALLONI, E. A. Enraizamento de Estacas de *Eucalyptus* : Efeitos do Substrato e do Horário de Coleta do Material vegetativo **IPEF**, n. 40,p. 39-42, dez. 1988

ANEXOS

TABELA 37 - RESUMO DAS ANÁLISES DO TESTE DE ADERÊNCIA	146
TABELA 38 – TESTE DE ADERÊNCIA.....	147
TABELA 39 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE AS ESPÉCIES PARA A VARIÁVEL DENSIDADE BÁSICA.....	149
TABELA 40 - AVALISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS EFEITOS COMBINADOS DA ESPÉCIE E DO DIÂMETRO..	150
TABELA 41 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE <i>E. dunnii</i>	150
TABELA 42 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE <i>E. saligna</i>	150
TABELA 43 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE <i>E. grandis</i>	150
TABELA 44 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE RENDIMENTO PARA OS FATORES ESPÉCIE E CLASSE DIAMÉTRICA.....	151
TABELA 45 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE OS CLONES DE <i>E. dunnii</i>	151
TABELA 46 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO ENTRE OS CLONES DE <i>E. dunnii</i>	151
TABELA 47 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE OS CLONES DE <i>E. saligna</i>	151
TABELA 48 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO ENTRE OS CLONES DE <i>E. saligna</i>	151
TABELA 49 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO PARA OS CLONES DE <i>E. grandis</i>	152
TABELA 50 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DESBITOLAMENTOS.....	152
TABELA 51 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE ENCURVAMENTO PARA OS EFEITOS DA ESPÉCIE E DA CLASSE DIAMÉTRICA	152
TABELA 52 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE ARQUEAMENTO MÉDIO (MM/M) DAS TRÊS ESPÉCIES.....	152
TABELA 53 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS ÍNDICES DE RACHADURAS PARA ESPÉCIE E CLONE	153
TABELA 54 - ANÁLISE DAS VARIÂNCIAS DO ÍNDICE DE RACHADURAS OBSERVANDO AS MÉDIAS COMO SE CADA CLASSE DIAMÉTRICA FOSSE UM TRATAMENTO	153
TABELA 55 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE RACHADURA PARA AS TRÊS ESPÉCIES	153
TABELA 56 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS VALORES DE DRL ENTRE AS ÁRVORES DAS TRÊS ESPÉCIES	153
TABELA 57 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DAS MÉDIAS DE DRL PARA O EFEITO DO DIÂMETRO	153

O resultado do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, corrigido para intensidades amostrais pequenas pela metodologia de Lilliefors, sendo que o valor encontrado para as análises realizadas foi sempre superior a $p=0,2$ (anexo), Indicou a não rejeição da hipótese da nulidade indicando que os dados tinham os requisitos mínimos para aplicação da ANOVA, o teste de Bartlett apontou a homogeneidade entre as variâncias

Resultado do teste de aderência.

TABELA 37 - RESUMO DAS ANÁLISES DO TESTE DE ADERÊNCIA

	Espécie	Kolmogorov-Smirnov		
		Estatística	GL	p-valor
DRL (mm)	<i>E. dunnii</i>	0,12	25	0,200*
	<i>E. saligna</i>	0,129	25	0,200*
	<i>E. grandis</i>	0,096	25	0,200*
DAP (cm)	<i>E. dunnii</i>	0,12	25	0,200*
	<i>E. saligna</i>	0,127	25	0,200*
	<i>E. grandis</i>	0,129	25	0,200*
Rendimento (%)	<i>E. dunnii</i>	0,087	25	0,200*
	<i>E. saligna</i>	0,129	25	0,200*
	<i>E. grandis</i>	0,11	25	0,200*
altura total (m)	<i>E. dunnii</i>	0,13	25	0,200*
	<i>E. saligna</i>	0,125	25	0,200*
	<i>E. grandis</i>	0,123	25	0,200*
Massa específica (g/cm ³)	<i>E. dunnii</i>	0,126	25	0,200*
	<i>E. saligna</i>	0,119	25	0,200*
	<i>E. grandis</i>	0,119	25	0,200*

* Aceita a hipótese de normalidade
a Correção para Lilliefors

A tabela indica que foi aceita a hipótese da nulidade, ou seja as amostras coletadas seguem uma distribuição normal, portanto pode ser utilizada a estatística paramétrica. Adicionalmente também foram testadas as sub amostras retiradas da população em todas não rejeitaram a hipótese da nulidade.

TABELA 38 – TESTE DE ADERÊNCIA

			Kolmogorov-Smirnov		
Espécie		Classe diamétrica	Estatística	GL	P>valor
<i>E. dun nii</i>	DRL (mm)	Toras finas	0,193	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,213	9	0,200*
		Toras grossas	0,148	8	0,200*
	DAP (cm)	Toras finas	0,129	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,21	9	0,200*
		Toras grossas	0,124	8	0,200*
	Rendimento (%)	Toras finas	0,2	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,179	9	0,200*
		Toras grossas	0,197	8	0,200*
	Altura total (m)	Toras finas	0,196	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,146	9	0,200*
		Toras grossas	0,176	8	0,200*
	Massa específica (g/cm3)	Toras finas	0,146	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,191	9	0,200*
		Toras grossas	0,187	8	0,200*
<i>E. saligna</i>	DRL (mm)	Toras finas	0,22	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,221	9	0,200*
		Toras grossas	0,192	8	0,200*
	DAP (cm)	Toras finas	0,145	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,179	9	0,200*
		Toras grossas	0,198	8	0,200*
	Rendimento (%)	Toras finas	0,176	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,199	9	0,200*
		Toras grossas	0,141	8	0,200*
	Altura total (m)	Toras finas	0,131	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,103	9	0,200*
		Toras grossas	0,162	8	0,200*
	Massa específica (g/cm3)	Toras finas	0,205	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,2	9	0,200*
		Toras grossas	0,172	8	0,200*
<i>E. grandis</i>	DRL (mm)	Toras finas	0,139	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,183	9	0,200*
		Toras grossas	0,16	8	0,200*
	DAP (cm)	Toras finas	0,195	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,155	9	0,200*
		Toras grossas	0,222	8	0,200*
	Rendimento (%)	Toras finas	0,168	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,149	9	0,200*
		Toras grossas	0,151	8	0,200*
	Altura total (m)	Toras finas	0,186	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,178	9	0,200*
		Toras grossas	0,218	8	0,200*
	Massa específica (g/cm3)	Toras finas	0,169	8	0,200*
		Toras diâmetro médio	0,133	9	0,200*
		Toras grossas	0,127	8	0,200*

* Aceita a hipótese de normalidade
a Correção para Lilliefors

Espécie	Clone	Kolmogorov-Smirnov		
		Estatística	GL	p>valor
<i>E. dunnii</i>	DRL (mm)	Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,234	5 0,200*
		Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,181	5 0,200*
		Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,225	5 0,200*
		Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,21	5 0,200*
		Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,238	5 0,200*
	DAP (cm)	Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,149	5 0,200*
		Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,159	5 0,200*
		Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,275	5 0,200*
		Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,208	5 0,200*
		Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,103	5 0,200*
	Rendimento (%)	Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,141	5 0,200*
		Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,207	5 0,200*
		Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,236	5 0,200*
		Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,263	5 0,200*
		Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,234	5 0,200*
	Altura total (m)	Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,206	5 0,200*
		Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,149	5 0,200*
		Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,194	5 0,200*
		Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,123	5 0,200*
		Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,234	5 0,200*
	Massa específica (g/cm3)	Clone 1 <i>E. dunnii</i>	0,225	5 0,200*
		Clone 2 <i>E. dunnii</i>	0,297	5 0,200*
		Clone 3 <i>E. dunnii</i>	0,192	5 0,200*
		Clone 4 <i>E. dunnii</i>	0,193	5 0,200*
		Clone 5 <i>E. dunnii</i>	0,126	5 0,200*
<i>E. saligna</i>	DRL (mm)	Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,131	5 0,200*
		Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,167	5 0,200*
		Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,222	5 0,200*
		Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,28	5 0,200*
		Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,236	5 0,200*
	DAP (cm)	Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,242	5 0,200*
		Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,217	5 0,200*
		Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,221	5 0,200*
		Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,194	5 0,200*
		Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,205	5 0,200*
	Rendimento (%)	Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,269	5 0,200*
		Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,115	5 0,200*
		Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,193	5 0,200*
		Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,237	5 0,200*
		Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,18	5 0,200*
	Altura total (m)	Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,149	5 0,200*
		Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,202	5 0,200*
		Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,287	5 0,200*
		Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,211	5 0,200*
		Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,25	5 0,200*
	Massa específica (g/cm3)	Clone 6 <i>E. saligna</i>	0,199	5 0,200*
		Clone 7 <i>E. saligna</i>	0,123	5 0,200*
		Clone 8 <i>E. saligna</i>	0,233	5 0,200*
		Clone 9 <i>E. saligna</i>	0,233	5 0,200*

<i>E. grandis</i>	DRL (mm)	Clone 10 <i>E. saligna</i>	0,163	5	0,200*
		clone 11 <i>E. grandis</i>	0,248	5	0,200*
		clone 12 <i>E. grandis</i>	0,226	5	0,200*
		clone 13 <i>E. grandis</i>	0,255	5	0,200*
		clone 14 <i>E. grandis</i>	0,136	5	0,200*
	DAP (cm)	clone 15 <i>E. grandis</i>	0,272	5	0,200*
		clone 11 <i>E. grandis</i>	0,189	5	0,200*
		clone 12 <i>E. grandis</i>	0,118	5	0,200*
		clone 13 <i>E. grandis</i>	0,225	5	0,200*
		clone 14 <i>E. grandis</i>	0,284	5	0,200*
	Rendimento (%)	clone 15 <i>E. grandis</i>	0,232	5	0,200*
		clone 11 <i>E. grandis</i>	0,279	5	0,200*
		clone 12 <i>E. grandis</i>	0,276	5	0,200*
		clone 13 <i>E. grandis</i>	0,128	5	0,200*
		clone 14 <i>E. grandis</i>	0,28	5	0,200*
	Altura total (m)	clone 15 <i>E. grandis</i>	0,25	5	0,200*
		clone 11 <i>E. grandis</i>	0,278	5	0,200*
		clone 12 <i>E. grandis</i>	0,241	5	0,200*
		clone 13 <i>E. grandis</i>	0,243	5	0,200*
		clone 14 <i>E. grandis</i>	0,221	5	0,200*
Massa específica (g/cm3)		clone 15 <i>E. grandis</i>	0,191	5	0,200*
		clone 11 <i>E. grandis</i>	0,28	5	0,200*
		clone 12 <i>E. grandis</i>	0,2	5	0,200*
		clone 13 <i>E. grandis</i>	0,197	5	0,200*
		clone 14 <i>E. grandis</i>	0,176	5	0,200*
		clone 15 <i>E. grandis</i>	0,283	5	0,200*

* Aceita a hipótese de normalidade
a Correção para Lilliefors

A análise de variância rejeitou a hipótese da semelhança entre as espécies em um nível de 95% de confiança o teste de Bartlett indicou $p=0,288$, indicando a possibilidade de uso da análise de variância.

TABELA 39 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE AS ESPÉCIES PARA A VARIÁVEL DENSIDADE BÁSICA

FV	Soma de quadrados	GL	QM	F	P valor
Entre os grupos	109446,962	2	54723,481	39,986	0,0001
Dentro dos tratamentos	98536,875	72	1368,568		
Total	207983,837	74			

TABELA 40 - AVALISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS EFEITOS COMBINADOS DA ESPÉCIE E DO DIÂMETRO

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F	P- valor
Entre classes diamétricas	111885, 634	8	13985, 7	12,9	0,0001
Dentro das classes diamétricas	17089688, 882	1	17089688, 8	15806, 6	0,0001
Espécie	101522,710	2	50761,3	46, 9	0,0001
Classe Diamétrica	2886, 511	2	1443,2	1,3	0,270
Espécie *	7503,822	4	1875, 9	1,7	0,153
Classe diamétrica	71357, 420	66	1081,1		
Erro	17335212,859	75			
Total	183243,054	74			
Total corrigido					

TABELA 41 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE *E. DUNNII*

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F	P-valor
Dentro do clone	2107, 70	4	526,9	0,5	0,674
Entre clones	6964438, 2	1	6964438,2	7785,3	0,0001
Clone	2107, 7	4	526,9	0,5	0,674
Erro	17891,1	20	894,5		
Total	6984437, 0	25			
Corrigido	19998, 8	24			

TABELA 42 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE *E. SALIGNA*

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F	P-valor
Dentro do clone	17716, 9	4	4429, 2	5, 5	0,004
Entre clones	5453568, 2	1	5453568, 2	6840,4	0,0001
Clone	17716, 9	4	4429, 2	5, 5	0,004
Erro	15945, 1	20	797, 2		
Total	5487230,2	25			
Total Corrigido	33662,0	24			

TABELA 43 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MÉDIAS DE DENSIDADE BÁSICA PARA OS CLONES DE *E. GRANDIS*

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F	P-valor
Dentro	12250,3	4	3062,5	3,8	0,017
Entre	4835458, 5	1	4835458, 5	6106, 6	0,0001
Clone	12250,3	4	3062,5	3,8	0,017
Erro	15836, 5	20	791,8		
Total	4863545, 5	25			
Total Corrigido	28086, 9	24			

TABELA 44 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE RENDIMENTO PARA OS FATORES ESPÉCIE E CLASSE DIAMÉTRICA

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F	P-valor
Dentro	0,1	8	0,01	2,0	0,059
Entre	13,9	1	13,9	1963,8	0,0001
Espécie	0,04	2	0,02	3,0	0,054
Classe diamétrica	0,05	2	0,02	3,8	0,027
Espécie *	0,01	4	0,004	0,5	0,720
Classe diamétrica					
Erro	0,4	66	0,007		
Total	14,5	75			
Total corrigido	0,5	74			

TABELA 45 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE OS CLONES DE *E. DUNNII*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre Grupos	0,045	4	0,011	3,3	0,029
Dentro de Grupos	0,068	20	0,003		
Total	0,113	24			

TABELA 46 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO ENTRE OS CLONES DE *E. DUNNII*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre Grupos	0,05	4	0,01	2,6	0,062
Dentro de Grupos	0,10	20	0,005		
Total	0,16	24			

TABELA 47 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE OS CLONES DE *E. SALIGNA*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre grupos	0,04	4	0,01	3,50	0,025
Dentro de grupos	0,05	20	0,003		
Total	0,09	24			

TABELA 48 - ANÁLISE DE VARIÂNCIAS PARA AS MÉDIAS DE RENDIMENTO DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO ENTRE OS CLONES DE *E. SALIGNA*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre grupos	0,053	4	0,013	3,03	0,029
Dentro de grupos	0,079	20	0,004		
Total	0,132	24			

RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA PARA OS CLONES DE *E. GRANDIS*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre grupos	0,033	4	0,008	3,032	0,031
Dentro de grupos	0,050	20	0,002		
Total	0,083	24			

TABELA 49 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DESCONTADAS AS PERDAS POR DESTOPO PARA OS CLONES DE *E. GRANDIS*

	SQ	GL	QM	F	P-valor
Entre Grupos	0,008	4	0,002	0,342	0,846
Dentro de Grupos	0,118	20	0,006		
Total	0,126	24			

TABELA 50 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DESBITOLAMENTOS

Fonte de variação		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio dos erro	F	p-valor
espessura	Entre os grupos	0,000	2	0,000	0,054	0,947
	Dentro do grupo	0,257	72	0,004		
	Total	0,258	74			
largura	Entre os grupos	0,228	2	0,114	0,605	0,549
	Dentro do grupo	13,570	72	0,188		
	Total	13,798	74			

TABELA 51 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE ENCURVAMENTO PARA OS EFEITOS DA ESPÉCIE E DA CLASSE DIAMÉTRICA

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P-valor
Dentro dos grupos	34,416	8	4,302	2,108	0,047
Entre grupos	1045,690	1	1045,690	512,444	0,0001
Espécie	16,763	2	8,382	4,107	0,021
Classe diamétrica	6,966	2	3,483	1,707	0,189
Espécie *	10,290	4	2,572	1,261	0,294
Classe diamétrica					
Erro	134,679	66	2,041		
Total	1222,911	75			
Total corrigido	169,095	74			

TABELA 52 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE ARQUEAMENTO MÉDIO (MM/M) DAS TRÊS ESPÉCIES

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P-valor
Dentro dos grupos	20,03	8	2,504	1,6	0,132
Entre grupos	465,6	1	465,676	303,6	0,0001
Espécie	13,5	2	6,750	4,4	0,016
Classe diamétrica	3,7	2	1,887	1,2	0,299
Espécie * Classe diamétrica	2,2	4	0,560	0,3	0,832
Erro	101,2	66	1,533		
Total	590,2	75			
Total corrigido	121,2	74			

TABELA 53 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS INDICES DE RACHADURAS PARA ESPÉCIE E CLONE

Fonte de variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P-Valor
Dentro	62038,181a	14	4431,299	3,424	0,000
Entre	180320,110	1	180320,110	139,338	0,000
Espécie	0,000	0			0,789
Clone	10636,800	12	886,400	0,685	0,759
Espécie * Clone	0,000	0			
Erro	77647,389	60	1294,123		
Total	320005,680	75			
Total Corrigido	139685,571	74			

TABELA 54 - ANÁLISE DAS VARIÂNCIAS DO ÍNDICE DE RACHADURAS OBSERVANDO AS MÉDIAS COMO SE CADA CLASSE DIAMÉTRICA FOSSE UM TRATAMENTO

	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F	p-valor
Entre Grupos	60747, 923	8	7593,490	6, 349	0,0001
Dentro de Grupos	78937, 648	66	1196, 025		
Total	139685, 571	74			

TABELA 55 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE RACHADURA PARA AS TRÊS ESPÉCIES

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p-valor
Dentro dos grupos	1273,421	8	159, 178	1,901	0,075
Entre grupos	11911,780	1	11911,780	142,231	0,0001
Espécie	130,365	2	65,183	0,778	0,463
Classe diamétrica	863,537	2	431,769	5,155	0,008
Espécie * Classe diamétrica	293,710	4	73,428	0,877	0,483
Erro	5527,455	66	83,749		
Total	18680,390	75			
Total corrigido	6800,876	74			

TABELA 56 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS VALORES DE DRL ENTRE AS ÁRVORES DAS TRÊS ESPÉCIES

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	p-valor
Entre espécie	0,012	2	0,006	3,967	0,023
Dentro da espécie	0,113	72	0,002		
Total	0,125	74			

TABELA 57 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DAS MÉDIAS DE DRL PARA O EFEITO DO DIÂMETRO

Fonte de variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrados Médios	F	p-valor
Entre os grupos	0,018	8	0,002	1,387	0,219
Dentro do grupo	1,296	1	1,296	797,350	0,0001
Classe diamétrica	0,003	2	0,002	0,980	0,381
Espécie	0,012	2	0,006	3,845	0,026
Classe diamétrica X Espécie	0,002	4	0,001	0,370	0,829
Erro	0,107	66	0,002		
Total	1,425	75			
Total corrigido	0,125	74			